

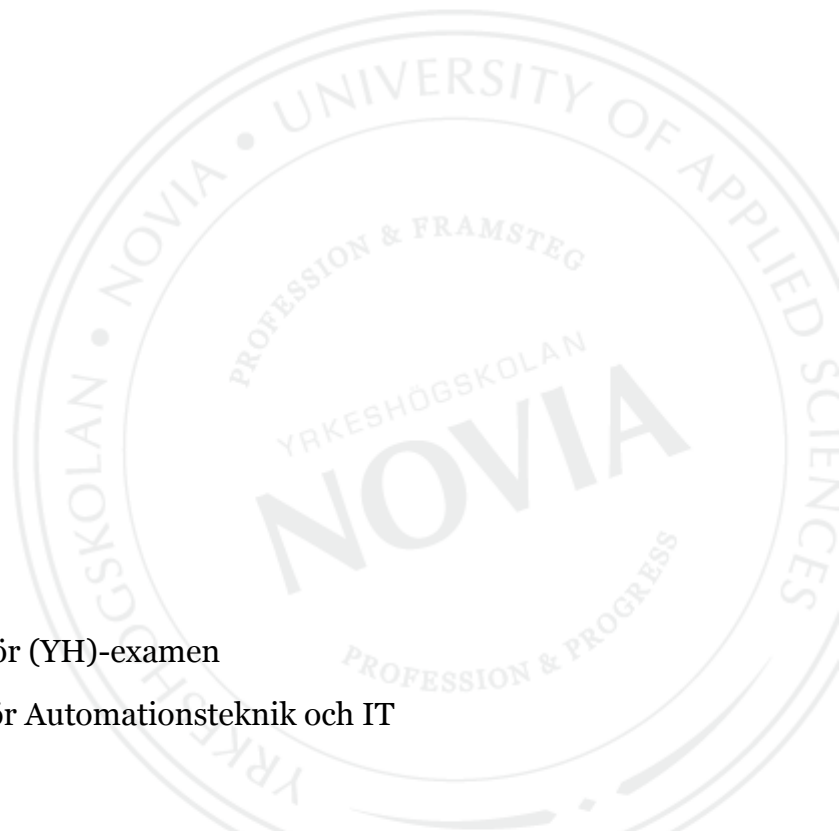
# **Uppföljning av energiförbrukningen i fastigheter**

Casper Alm

Examensarbete för Ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för Automationsteknik och IT

Raseborg 2011



# EXAMENSARBETE

Författare: Casper Alm

Utbildningsprogram och ort: Automationsteknik och IT, Raseborg

Inriktningsalternativ/Fördjupning: Datorstödd tillverkning

Handledare: Håkan Bjurström, Jonas Wallèn

**Titel:** Uppföljning av energiförbrukningen i fastigheter

---

Datum 17.05.2011

Sidantal 44

Bilagor 5

---

## Sammanfattning

Energins betydelse inom politiken, ekonomin samt inom det vardagliga livet ökar ständigt. För att få kontroll över den stigande energiförbrukningen utfärdas olika direktiv. En central del i förbättrad energieffektivitet i fastigheter, är att man känner till vad det är som förbrukar energi i fastigheten. För att kunna behärska energiförbrukningen, krävs en kontinuerlig uppföljning av förbrukningen.

Syftet med detta arbete var att göra en kartläggning över de direktiv som idag finns gällande energiprestandan i fastigheter. Som ett praktiskt exempel presenteras energiuppföljningssystemet vid yrkesskolan Axxell i Karis. I arbetet presenteras också hur energiförbrukningen kan följas upp, samt vad det finns för utrustning till det.

Ett välplanerat och utfört energiuppföljningssystem är grunden för en effektiv behärskning av energiförbrukningen. Genom uppföljningen fås information om fördelningen av förbrukningen, avvikelser i förbrukningen samt eventuella fel i system och apparatur. Ju flere mätpunkter en byggnad utrustas med, desto noggrannare information fås angående förbrukningen.

Vid uppföljning av energiförbrukningen är det viktigt att få fram överskådliga rapporter över förbrukningen så att användaren har så stor nytta av systemet som möjligt. Vid val av rapporteringsprogram är det viktigt att känna till vad man vill få ut av uppföljningen.

---

Språk: Svenska  
energiuppföljning

Nyckelord: Energiförbrukning, energidirektiv,

---

# OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Casper Alm

Koulutusohjelma ja paikkakunta: Automationsteknik och IT, Raasepori

Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot: Datorstödd tillverkning

Ohjaajat: Håkan Bjurström, Jonas Wallén

**Nimike:** Energiakulutuksen seuranta kiinteistöissä / Uppföljning av energiförbrukningen i fastigheter.

---

Päivämäärä 17.05.2011

Sivumäärä 44

Liitteet 5

---

## Tiivistelmä

Energian merkitys politiikassa, taloudessa ja jokapäiväisessä elämässä on jatkuvassa kasvussa. Jotta energiankulutusta rakennuksissa voitaisiin vähentää, on energiankäyttöön ja rakennustapaan pyritty vaikuttamaan erilaisin säädöksin. Säädökset kiristyvät jatkuvasti, jotta rakennusten energiatehokkuudessa päästään EU:n vaatimalle tasolle.

Avainasia pyrittäessä vähentämään ja hallitsemaan rakennusten energiankulutusta, on energiankulutuksen säännöllinen seuranta.

Työn tavoitteena oli tehdä kartoitus rakennusten energiatehokkuutta koskevista säädöksistä. Käytännön esimerkkinä esitellään ammattikoulu Axxellin energianseurantajärjestelmä Karjaalla. Työssä selostetaan myös, miksi ja miten energiankulutusta seurataan ja mitä laitteita siihen käytetään.

Hyvin suunniteltu ja toteutettu seurantajärjestelmä luo edellytykset tehokkaalle energiankulutuksen hallinnalle. Seurannan avulla saadaan tärkeää tietoa kulutuksen jakautumisesta, poikkeamista sekä mahdollisista virheistä laitteissa ja järjestelmissä. Kulutusseurantapisteiden määrä vaikuttaa oleellisesti tiedon laajuuteen.

Seurantajärjestelmässä on tärkeä saada havainnollisia raportteja kulutuksesta, jotta käyttäjällä on mahdollisimman suuri hyöty järjestelmästä. Raportointiohjelmaa valittaessa on tärkeä tietää, mitä tietoa seurantajärjestelmästä halutaan saada.

---

Kieli: Ruotsi  
energianseuranta

Avainsanat: Energiadirektiivi, energiankulutus,

---

# BACHELOR'S THESIS

Author: Casper Alm

Degree Programme: Automation and IT, Raseborg

Specialization: Design and Manufacturing

Supervisors: Håkan Bjurström, Jonas Wallèn

**Title:** Monitoring of Energy Usage in Buildings/Uppföljning av energiförbrukningen i fastigheter

---

Date 17 May 2011

Number of pages 44

Appendices 5

---

## Summary

The relevance of energy in politics, economy and in everyday life is constantly increasing. In order to control the ever rising usage of energy, energy directives have been issued that set demands on the energy consumption of buildings. A key element in improving energy efficiency in buildings is to know what it is that consumes energy in the building. In order to control the usage of energy in buildings, a constant monitoring of the consumption is required.

The purpose of this thesis was to develop an overview of the directives that currently exist regarding the energy performance of buildings. As a practical example the energy monitoring system at the Vocational School Axxell in Karis is presented. How the energy consumption in buildings can be monitored and what kind of equipment exists for the purpose is also presented.

A well planned and carried out monitoring system lies as a basis for an effective control of the energy usage. A monitoring system provides information about the distribution of the consumption, differences in the usage and possible failure of equipment and systems. It is important to produce transparent reports on the energy consumption, so that the user has as much use of the system as possible.

---

Language: Swedish

Key words: Energy directive, energy consumption,

energy monitoring

---

## **Förord**

Jag vill rikta ett stort tack till Hangö Elektriska som erbjudit mig möjligheten att utföra detta ingenjörarbete. Speciellt vill jag tacka min handledare Jonas Wallén från Hangö Elektriska, som hjälpt mig med alla mina problem och frågor under arbetets gång. Jag vill också tacka Kenneth Haapa för hans ork och vilja att svara på mina frågor angående energiuppföljningen.

Förutom ovanstående vill jag tacka min familj för deras enorma stöd och förståelse de gett mig under dessa tre månader. Speciellt vill jag tacka Sini för hennes förståelse under denna process, samt att hon orkat kämpa mig igenom detta arbete.

# Innehållsförteckning

<b>1 Inledning</b>	<b>1</b>
1.1 Syfte och mål	2
1.2 Nybygget Axxell	2
1.3 Hangö Elektriska Ab	3
1.4 Energianvändningen i fastigheter	3
<b>2 Direktiv gällande byggnaders energiprestanda</b>	<b>5</b>
2.1 Lagstiftningen i Finland angående energiprestanda	7
<b>3 Energicertifikat</b>	<b>9</b>
3.1 Energicertifikat för nybyggen	10
3.2 Energicertifikat för befintliga byggnader	11
3.3 Energiprestandavärdet	12
<b>4 Föreskrifter och anvisningar för fastigheternas energiprestanda</b>	<b>13</b>
4.1 D3 Byggnaders energiprestanda	16
4.2 D5 Beräkning av byggnaders energiförbrukning och uppvärmningseffekt	17
<b>5 LEED – Fastigheternas globala miljöcertifikat</b>	<b>18</b>
5.1 Vad mäter Leed	18
5.2 Certifiering av projekt	19
5.3 Fördelar med LEED-certifiering	19
<b>6 Uppföljning av energiförbrukningen i fastigheter</b>	<b>20</b>
6.1 Grund för energiuppföljningen	21
6.2 Mätapparatur	22
6.2.1 Givare	22
6.2.2 Temperatursändare	25
6.2.3 Värmeenergimätare	26
6.3 Uppföljning av den förbrukade värmeenergin	26
6.4 Uppföljning av elenergiförbrukningen	28
6.5 Uppföljning av vattenförbrukningen	28
6.6 Normering av värmeenergiförbrukningen	29
6.6.1 Ekvationer som används vid normering av värmeenergiförbrukningen	30
6.7 Utnyttjandet av mätresultat	33
6.8 Uppföljningens betydelse för fastigheterna	33
<b>7 Energiuppföljningssystemet vid yrkesskolan Axxell i Karis</b>	<b>34</b>
7.1 Uppföljning av värmeenergiförbrukningen	37
7.1.1 Uppföljning av vattenförbrukningen	39

7.1.2 Uppföljning av elenergiförbrukningen.....	39
7.2 Rapportering.....	41
<b>8 Kritisk granskning och diskussion.....</b>	<b>42</b>
<b>9 Avslutning.....</b>	<b>43</b>
<b>Källförteckning .....</b>	<b>45</b>
<b>Bilagor</b>	

## 1 Inledning

De stigande energipriserna, växthuseffekten samt de ökade utsläppen av koldioxid har gjort att energin fått en allt större betydelse inom politik, ekonomi samt inom det vardagliga livet.

Kyotoavtalet, som också Finland godkände år 2002, har gjort att direktiv gällande energiprestanda om byggnader blivit striktare för att få kontroll över energiförbrukningen. Inom Europeiska Unionen har man satt upp ett mål att förminska energiförbrukningen med hela 20 % före utgången av år 2020. (Miljöministeriet, 2011a).

För att uppnå målet kommer man att vara tvungen att ytterligare skärpa direktiven gällande byggnaders energiprestanda. Nya direktiv som skärpte kraven med ca 30-40 % utfärdades år 2010, följande revidering som ytterligare skärper dessa med ca 20 % väntas redan år 2012. (Määttä, 2010).

Direktiven om byggnaders energiprestanda samt kravet på energicertifikat, har lett till att man börjat fästa allt större uppmärksamhet vid vad det egentligen är som förbrukar mest energi i byggnaderna. Krav på energicertifikat för alla nya byggnader, samt för byggnader som redan finns och som säljs, eller uthyrs har funnits sedan år 2009. För mindre bostäder och för byggnadsgrupper som består av högst sex bostäder, är energicertifikatet frivilligt. (Motiva, 2010a).

Genom att följa upp energiförbrukningen och använda informationen på rätt sätt öppnas möjligheter till märkbart minskad förbrukning och kostnadsbesparingar. En grundförutsättning för att ha tillräckligt bra kontroll på energiförbrukningen är en kontinuerlig uppföljning av denna samt vidare analys av insamlade data. Enligt undersökningar har fastigheter som regelbundet följer upp sin energiförbrukning ca 10 % mindre förbrukning jämfört med fastigheter som inte gör det. (Talokeskus).

Via uppföljning av energiförbrukningen kan man också minska på underhåll- och reparationskostnader för fastigheten. En kontinuerlig, systematisk uppföljning av förbrukningen och statistisk jämförelse av insamlade data ger också möjlighet att snabbare upptäcka eventuella störningar och fel på teknisk utrustning som påverkar energiprestandan i fastigheten.



## 1.1 Syfte och mål

Syftet med detta examensarbete är att göra en kartläggning över de energidirektiv som finns idag gällande fastigheters energiprestanda. I den senare delen av arbetet koncentrerar jag mig på hur man kan följa upp energiförbrukningen, samt vad det finns för utrustning för att göra det. Som ett praktiskt exempel presenteras uppföljningen av energiförbrukningen vid yrkesskolan Axxells nybygge, på Bangatan i Karis.

## 1.2 Nybygget Axxell

Detta examensarbete gjordes på beställning av Hangö Elektriska Ab, arbetet utfördes som en del av nybyggsprojektet yrkesskolan Axxell vid Bangatan i Karis. Byggnaden kommer att fungera som en yrkesskola för skolsammanslutningen Axxells alla utbildningslinjer, med 500 studerande och en personal på ca 90 personer. I figur 1 visas en bild över den blivande skolbyggnaden.



*Figur 1. Yrkesskolan Axxell vid Bangatan i Karis. (Selvitys LEED)*

Byggnaden består av två delar som är placerade på var sin sida om Bangatan. Verkstadsdelen som ligger närmare järnvägen består av två våningar, medan administrationsdelen består av tre våningar. De två delarna förenas med en sluten och uppvärmd bro. Byggnaden omfattar en bruttoareal på ca 10 000 m<sup>2</sup>. Byggnaden kommer

att värmas upp och kylas ned med hjälp av jord- och fjärrvärme. Byggnaden planeras bli klar i slutet av år 2011.

### **1.3 Hangö Elektriska Ab**

Företaget Hangö Elektriska Ab grundades år 1937. Företaget erbjuder tekniska tjänster inom fastighets-, byggnads och industribranscherna till privatpersoner, företag och den offentliga sektorn. Företaget utför installation och underhåll av el-, automation-, värme-, vatten-, ventilation-, elektronik-, husteknik-, tele-, antenn- och säkerhetssystem. Företaget utför dessutom småskaliga elplaneringsarbeten.

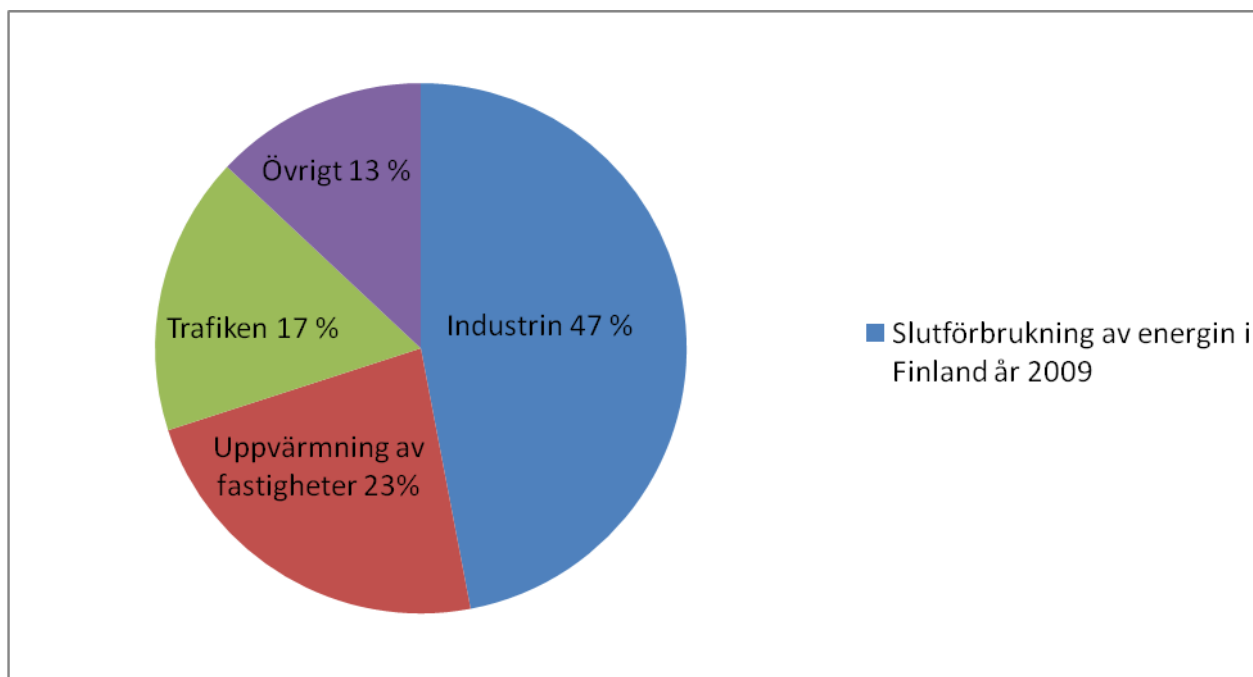
Idag har företaget ca 110 anställda med en omsättning på ca 10M€.

### **1.4 Energianvändningen i fastigheter**

Den totala energiförbrukningen år 2009 i Finland var 1330 PJ (petajoule), 248,8 GJ/invånare. År 2009 var förbrukningen ca 6 % lägre än 2008, orsaken till att förbrukningen sjönk var den globala lågkonjunkturen, som ledde till att speciellt industrin använde mindre energi. (Motiva, 2011a).

Inom EU området går ca 40 % av den totala energiförbrukningen åt till fastigheter.

Då man pratar om nettoförbrukning av energi, avser man den energi som blir kvar efter de förluster som sker vid överföring och omvandling från en energiform till en annan. År 2009 var den totala slutförbrukningen av energi i Finland ca 1086 PJ, 202,9 GJ/invånare. (Motiva, 2011b).



Figur 2. Statistik över totala slutförbrukningen av energi i Finland år 2009. (Motiva, 2011a)

Ur figuren ovan framgår hur den totala slutförbrukningen i Finland år 2009 fördelat sig sektorvis. Vi ser att andelen energi som går åt till uppvärmning av fastigheter är hela 23 % av den totala slutförbrukningen.

På grund av slöseri med energi i kommunerna i Finland, uppskattar man att det år 2010 gick hundratals miljoner euro till spillo. Endast 20-30 kommuner av totalt 336, har vidtagit kännbara åtgärder för att minska på sin energiförbrukning.

Enligt verkställande direktör Teemu Hausen vid Schneider Electric Buildings, är enbart fastigheternas besparingspotential ca 10-15% i varje kommun. Han konstaterar att de pengar som kunde sparas, skulle räcka till t.ex att anställa många lärare, renovera åldringshem o.s.v. Enligt Hausen ligger också Sverige och Danmark långt före Finland vad gäller energibesparingsåtgärder i kommunerna.

Företag som Schneider Electric, YIT, Siemens och en del andra energitekniska företag, har upptäckt en ny affärsmöjlighet vad gäller energiförbrukningen i kommunerna och erbjuder kommunerna energibesparingen som en helhetstjänst. (Laatikainen, 2011).

## 2 Direktiv gällande byggnaders energiprestanda

Den 16 december 2002 utfärdades Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/91/EG om byggnaders energiprestanda. Syftet med direktivet är att förbättra energiprestandan i byggnaderna, och således minska på utsläppen av koldioxid. Då man talar om en byggnads energiprestanda, avser man den energimängd som går åt för att upprätthålla en normal levnadsstandard i byggnaden. (2002/91/EG).

Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU om byggnaders energiprestanda, utgavs den 19 maj 2010. Det nya direktivet som ersätter direktiv 2002/91/EG, kräver att lagar och förordningar som stöder ibruktagandet av det nya direktivet, skall utfärdas senast den 9 juli 2012. (2010/31/EU).

Energi i byggnader går till största delen åt till:

- Uppvärmning och nedkylning av byggnaden.
- Uppvärmning av vatten.
- Ventilation.
- Belysning.

Europaparlamentets och rådets direktiv (2002/91/EG) fastställer:

- Minimikrav angående energiprestandan för nya byggnader, samt för befintliga större byggnader som genomgår omfattande renoveringar.
- Hur energiprestandan för en byggnad skall beräknas.
- Krav på att energicertifiering tas i bruk i varje medlemsstat.
- Krav på att utföra regelbundna kontroller av värmepannor och luftkonditioneringssystem.
- Krav på att en bedömning av värmeanläggningen utförs då värmepannorna är äldre än 15 år.

Luftkonditioneringssystem med en nominell effekt på mera än 12 kW, skall enligt direktivet genomgå regelbundna inspektioner. Vid inspektionen skall man fästa uppmärksamhet vid luftkonditioneringssystemets effektivitet, samt hela systemets dimensionering med tanke på byggnadens kylbehov.(2002/91/EG).

Enligt energidirektivet skall man också utföra regelbundna inspektioner på värmepannor med en nominell effekt på 20-100 kW, och på sådana värmepannor som använder icke förnybara fasta eller flytande bränslen som energikälla. Värmepannor med en nominell effekt över 100 kW skall inspekteras vartannat år. Då det är fråga om värmeanläggningar med värmepannor med en nominell effekt på minst 20 kW, som är äldre än 15 år skall man utföra en engångsinspektion av hela värmeanläggningen. Inspektionen skall innehålla en bedömning av värmepannans effektivitet och dess dimensionering med tanke på byggnadens värmebehov. Till inspektionen skall bifogas förslag på alternativa lösningar och förbättringar av värmesystemet. (2002/91/EG).

Direktiv om byggnadernas energiprestanda (2002/91/EG) förutsätter en granskning av uppvärmningspannor i form av rådgivning. Rådgivning ges av utbildade experter i samband med granskningarna, som är frivilliga.

För byggnader som har en areal på över 1000 m<sup>2</sup> ställer direktivet krav som avviker från mindre byggnader. Dessa krav är:

- Vid nybyggen skall olika uppvärmningssystem jämföras med tanke på energiprestandan.
- Vid renoveringsobjekt skall alla sådana åtgärder som är tekniskt och ekonomiskt sätt realistiska, utföras för att förbättra energieffektiviteten. (2002/91/EG).

Som en följd av direktiven och förordningarna har bl.a. följande åtgärder för förbättring av byggnaders energiprestanda vidtagits i Finland:

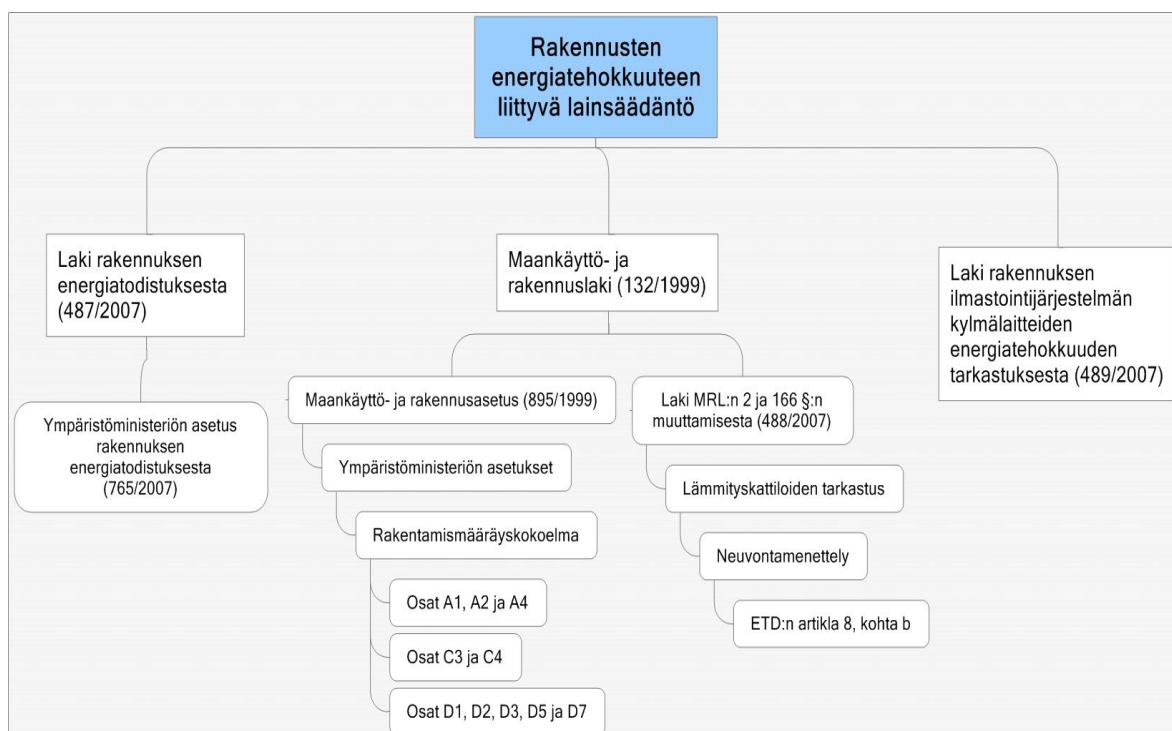
- Olika energiunderstöd.
- Energikartläggningar.
- Ibruktagande av energicertifikat.

- Skärpta byggbestämmelser med tanke på energiprestandan.
- Skärpta krav på inomhuskvaliteten. (Taloyhtiö).

## 2.1 Lagstiftningen i Finland angående energiprestandan

Lagen om energicertifikat för byggnader 487/2007 och lagen om inspektion av energieffektiviteten hos kylanläggningar 489/2007, togs i bruk i början av år 2008. Med dessa lagar har man fastställt Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/91/EG om byggnaders energiprestanda. (Energiatodistusopas 2007, s.8). Vid samma tidpunkt trädde även miljöministeriets förordningar om byggnaders energicertifikat 765/2007, och beräkning av byggnaders energiförbrukning och uppvärmningseffekt D5 i kraft. Minimikraven för byggnadernas energiprestanda bestäms i Finlands byggbestämmelsesamling D3, som är utgiven av miljöministeriet. Kraven på byggnaders värmeisolering fastställs i Finlands byggbestämmelsesamling C3, och kravet på byggnaders ventilation och inomhusklimat fastställs i byggbestämmelsesamling D2.

I Finland är det miljöministeriet som ansvarar för beredningen av den lagstiftning som berör byggnaders energiprestanda, presenteras i figur 3 nedan.



Figur 3. Lagstiftningen som berör byggnaders energiprestanda. (Energiatodistusopas 2007, s. 9).

I lagen om byggnaders energicertifikat (487/2007) fastställs:

- Hur ett energicertifikat skall göras upp.
- Hur energicertifikaten skall tillämpas på en byggnad.
- Hur länge ett energicertifikat är i kraft för olika typer av byggnader.
- Vem som har laglig rätt att göra upp och utfärda ett energicertifikat.

Lag (489/2007) om inspektion av energieffektiviteten hos kylanläggningar i en byggnads luftkonditioneringssystem, fastställer de kylanläggningar som berörs av detta, inspektionens omfattning, samt vem som har behörighet att utföra denna.

Kylanläggningar som skall inspekteras:

- Kylanläggningar med en nominell kyleffekt på minst 12 kW.
- Kylanläggningar som är kompressordrivna.
- Kylanläggningar med en nominell kyleffekt mindre än 12 kW som är ihopkopplade så att deras sammanlagda kyleffekt är minst 12 kW.

Ovanstående anläggningar skall inspekteras minst en gång vart tionde år. System som drivs med hjälp av fjärrkyla behöver inte inspekteras enligt lag 489/2007. I samband med inspektionen skall ägaren till byggnaden ges ett certifikat i vilket det framgår kylanläggningens skick och effektivitet. Certifikatet skall också innehålla förslag på förbättringar med vilkas hjälp kylanläggningens energieffektivitet kan förbättras. Ägaren till byggnaden är skyldig att se till att kylanläggningarna blir inspekterade.

Med hjälp av de tidsbundna inspektionerna försäkrar man sig om att en kylanläggning fungerar som den skall, och att den inte förbrukar onödigt med energi. (489/2007).

### 3 Energicertifikat

Direktivet som ligger som grund för energicertifikatet är Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/91/EG om byggnaders energiprestanda, vilket kräver att medlemsstaterna skall ta i bruk energicertifiering. Målet med direktivet är att minska på utsläppen av koldioxid, genom att förbättra byggnadernas energiprestanda. I miljöministeriets förordning om byggnaders energicertifikat 765/2007 fastställs hur energiprestandavärdet för en byggnad skall beräknas, olika modeller på energicertifikat, samt kraven på utgivaren av ett separat energicertifikat. (Energiatodistusopas 2007, s.10).

Ett energicertifikat förutsättes för byggnader som färdigställts efter 1.1.2008, då byggnaden eller en del av den säljes eller hyrs ut. För byggnader som blivit färdiga före detta datum, har ett energicertifikat krävts sedan början av år 2009. För bostadshus eller för byggnadsgrupper som innehåller högst sex bostäder och som färdigställts före 1.1.2008, är energicertifikatet frivilligt. (487/2007).

Ett energicertifikat krävs inte för:

- Byggnader som används högst fyra månader per år.
- Tillfälliga byggnader som används i mindre än två år.
- Byggnader med en bruttoareal på mindre än 50 m<sup>2</sup>.
- Industri och verkstadsbyggnader.
- Skyddade byggnader.
- Kyrkobyggnader.

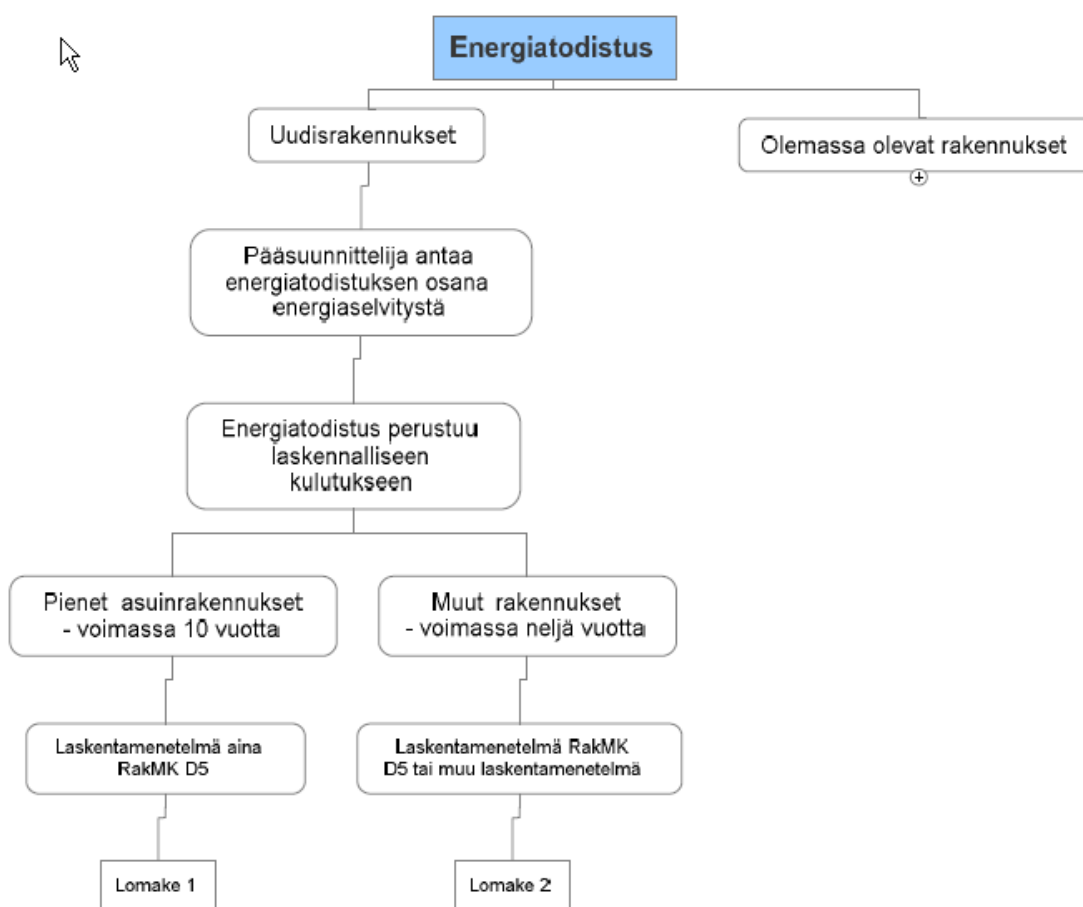
(Energiatodistusopas 2007, s.12).



### 3.1 Energicertifikat för nybyggen

I samband med ansökan om byggnadslov, krävs ett energicertifikat i huvudsak för alla nybyggen. Energicertifikatet för nybyggen baserar sig alltid på den beräknade förbrukningen, och det är i kraft i 4 år. För byggnadsgrupper innehållande högst sex bostäder, är energicertifikatet i kraft i 10 år. (Energiatodistusopas 2007, s.13).

I figur 4 nedan visas hur uppgörande av ett energicertifikat för nybyggen går till.



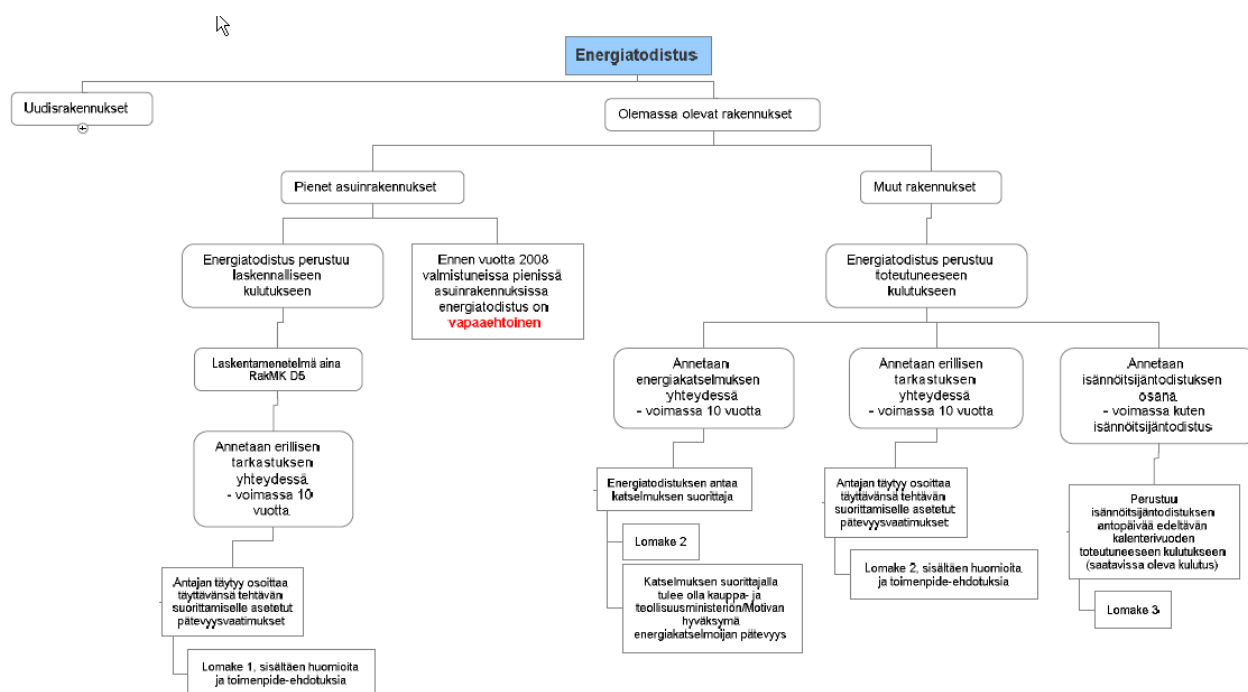
Figur 4. Anvisningar för uppgörande av energicertifikat för nybyggen. (Energiatodistusopas 2007, s.14)

### 3.2 Energicertifikat för befintliga byggnader

Ett energicertifikat krävs i huvudsak för alla byggnader då byggnaden säljs eller hyrs ut. Energicertifikatet omfattar alltid en hel byggnad eller en grupp av byggnader. För befintliga byggnader baserar sig energicertifikatet på den egentliga förbrukningen. Vid fråga om en byggnadsgrupp som består av högst sex bostäder, baserar sig energicertifikatet alltid på den beräknade förbrukningen.

Energiförbrukningen skall beräknas enligt anvisningar givna i Finlands byggbestämmelsesamling del D5, samt genom att använda de utgångsvärden som fastställts enligt miljöministeriets förordning 765/2007, om byggnaders energicertifikat. Ett energicertifikat kan ges i samband med en energikartläggning, som ett separat energicertifikat, eller som en del av ett disponentintyg. Energicertifikat som utgivits i samband med en energikartläggning, och separata energicertifikat är giltiga i 10 år. Energicertifikat som ingår i ett disponentintyg, uppdateras en gång per år och de är i kraft med disponentintyget. (Energiatodistusopas 2007, s.15).

Hur uppgörandet av ett energicertifikat går till för befintliga byggnader visas i figuren nedan.



Figur 5. Anvisningar för uppgörande av energicertifikat för befintliga byggnader. (Energiatodistusopas 2007, s.16)

### 3.3 Energiprestandavärdet

Enligt miljöministeriets förordning 765/2007 om energicertifikat för byggnader, skall energiprestandan för en byggnad uttryckas med hjälp av ett energiprestandavärde, som fås genom att dela den erforderliga årliga energimängden, med byggnadens bruttoareal. På basen av det beräknade energiprestandavärdet delas byggnaderna i olika kategorier från A till G. (765/2007).

Skalan för indelningen i de olika kategorierna är beroende av hurudan typ av byggnad det är fråga om. De olika byggnadstyperna är:

- Mindre byggnadsgrupper innehållande högst sex bostäder.
- Större bostadsbyggnader.
- Kontorsbyggnader.
- Affärsbyggnader.
- Utbildningsbyggnader.
- Daghem.
- Hälsovårdsbyggnader.
- Samlingslokaler.
- Simhallar.
- Övriga.

(Energiatodistusopas 2007, s.10).

*Tabell 1. Energiprestandavärden- och kategorier för olika typ av byggnader.*

Rakennustyyppi	Energiatodistusluokka energiantodistusluokkiin (kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi)						
	A	B	C	D	E	F	G
Toimistot	-90	91- 110	111- 130	131- 170	171- 230	231- 320	321-
Liikerakennukset	-140	141- 180	181- 220	221- 280	281- 360	361- 440	441-
Opetusrakennukset	-120	121- 150	151- 190	191- 230	231- 300	301- 400	401-
Päiväkodit	-140	141- 180	181- 230	231- 300	301- 390	391- 500	501-
Terveydenhoitorakennukset	-160	161- 200	201- 260	261- 340	341- 450	451- 600	601-
Kokoontumisrakennukset	-110	111- 140	141- 180	181- 240	241- 330	331- 450	451-
Uimahallit	-300	301- 410	411- 530	531- 670	671- 860	861- 1200	1201-
Muut rakennukset	-110	111- 150	151- 200	201- 280	281- 420	421- 660	661-

(Reinikainen, 2008).

I tabellen ovan presenteras energiprestandavärden för olika typer av byggnader.

Energiprestandavärdet beräknas enligt ekvation 1.

$$ET = \sum \frac{Q_{\text{l\ddot{a}mmitys}} + W_{\text{l\ddot{a}ites\ddot{a}hk\ddot{o}}} + Q_{\text{j\ddot{a}\ddot{a}hdytys,tilat}}}{\sum A} \quad (1)$$

där

$ET$	=	byggnadens energiprestandavärde [kWh/brm <sup>2</sup> /år]
$Q_{\text{l\ddot{a}mmitys}}$	=	energi som går åt till uppvärmning av byggnaden [kWh/år]
$W_{\text{l\ddot{a}ites\ddot{a}hk\ddot{o}}}$	=	elenergi som går åt till apparaterna i byggnaden [kWh/år]
$Q_{\text{j\ddot{ä}hdytys,tilat}}$	=	energi som går åt till att kyla byggnaden [kWh/år]
$\sum A$	=	byggnadens eller byggnadsgruppens totala bruttoareal [brm <sup>2</sup> ]

(Energiatodistusopas 2007, s.23-24).

## 4 Föreskrifter och anvisningar för fastigheternas energiprestanda

Kraven på energiprestandan för nybyggen har hittills varit ganska lätta att uppnå. I början av år 2010 utkom nya, striktare utgåvor av byggbestämmelsesamlingen, kraven på energiprestandan skärptes då med ca 30-40 %. Trots skärpningen i början av år 2010, uppnår man inte ännu den så kallade lågenergiklassen på nybyggda hus. År 2012 är redan nya utgåvor av byggbestämmelsesamlingen aktuella, då kraven skärps med ca 20 %. (Savolainen, 2008).

Orsaken till att kraven på energiprestandan för byggnader blivit striktare, är målet att komma upp till de så kallade nollenergihusen, som producerar lika mycket förnybar energi som de förbrukar icke förnybar energi. (Motiva, 2010b).

Förutom att förbättringar av byggnadernas energiprestanda minskar utsläppen av koldioxid, uppnår man förstås också på samma gång en ekonomisk nytta. Livslängden för en byggnad är lång, och då energipriserna hela tiden stiger, kommer också lönsamheten att öka på de åtgärder som görs för att förbättra energieffektiviteten. (Miljöministeriet, 2010).

Som en följd av Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU, som utgavs den 19 maj 2010, står det klart att byggnadssättet kommer att förändras i Finland och på hela EU-området. Det nya direktivet kräver att nya byggnader skall vara nästan nollenergihus vid utloppet av år 2020, för offentliga byggnader gäller samma krav redan från och med början av 2019. (Miljöministeriet, 2010).

Den 30 mars 2011 utfärdade miljöministeriet nya byggbestämmelser som fastställer Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU. De nya byggbestämmelserna tas i bruk från och med 1.7.2012.

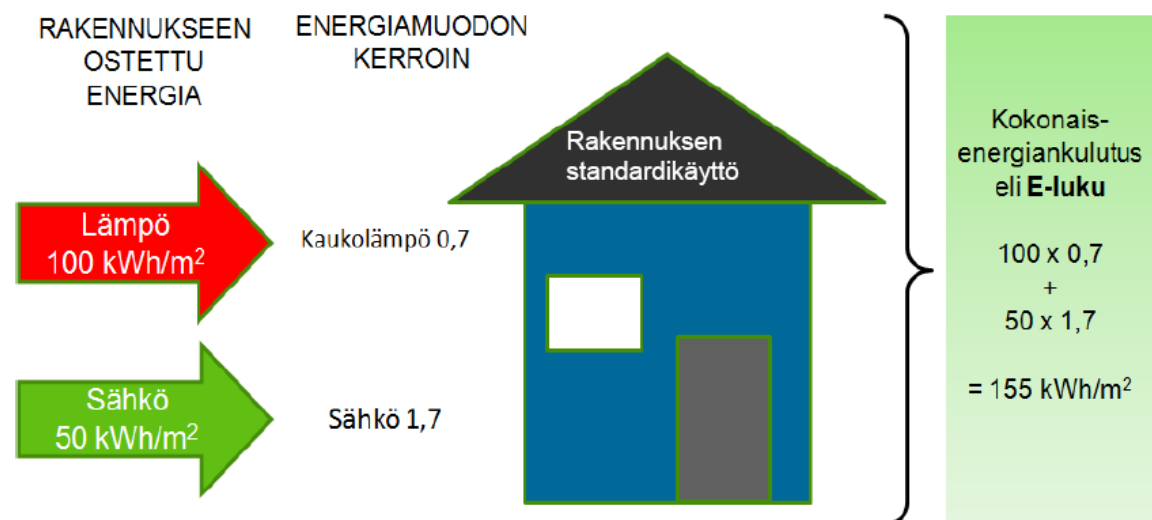
Den centralaste förändringen i det nya direktivet, kommer att vara övergången till att se på energiförbrukningen som en helhet, vilket betyder att kraven på enskilda delar försvinner. Detta leder till större frihet för byggnadskonstruktören, eftersom man har bara ett helhetsmål att uppnå. Då man ser på energiförbrukningen som en helhet, tar man i beaktande olika uppvärmningssystem med hjälp av en korrigeringsfaktor, som multipliceras med energiformen. Målet med detta förfarande är att styra byggandet till att använda vattencirkulerade värmesystem, vars värmekälla lätt skall kunna bytas ut. (Miljöministeriet, 2011b).

En övre gräns för totalenergiförbrukningen förordras för olika typer av byggnader, med ett så kallat energiprestandavärde. Vid beräkning av energiprestandavärdet tar man i beaktande korrigeringsfaktorn för energiformen som används.

De olika korrigeringsfaktorerna är:

- För fossila bränslen 1.
- För el 1,7.
- För fjärrvärme 0,7.
- Förnybara energikällor 0,5.

I figur 6 visas exempel på hur energiprestandavärdet beräknas för en byggnad.



Figur 6. Exempel på hur energiprestandavärdet beräknas.

I de nya byggnadsbestämmelserna fastställs krav angående energiprestandavärdet som inte får överstigas. Dessa värden är för:

- Radhus 150 kWh/m<sup>2</sup>
- Höghus 130 kWh/m<sup>2</sup>
- Kontorsbyggnad 170 kWh/m<sup>2</sup>
- Affärsbyggnad 240 kWh/m<sup>2</sup>
- Daghem och byggnader ämnade till utbildning 170 kWh/m<sup>2</sup>
- Konditionshall förutom sim- och ishall 170 kWh/m<sup>2</sup>
- Sjukhus 450 kWh/m<sup>2</sup>

(Miljöministeriet, 2011c).

Förutom byggnadens konstruktion, har också användningen och underhållet av en byggnad, en betydande inverkan på byggnadens energiförbrukning. För att uppnå de krav det nya direktivet ställer på byggnaderna, kommer bl.a. fastighetsautomationssystem att spela en allt större roll i framtiden. (Miljöministeriet, 2010).

## 4.1 D3 Byggnaders energiprestanda

I Finlands byggbestämmelsesamling del D3 om byggnaders energiprestanda, fastställs föreskrifter angående energiprestandan för nybyggen. Förordningen trädde i kraft den 1 januari 2010, och den baserar sig på Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/91/EG om byggnaders energiprestanda. Föreskrifterna gäller inte följande typ av byggnader:

- Produktionsbyggnad där själva tillverkningsprocessen avger så mycket värmeenergi, att ingen övrig eller ytterst lite uppvärmning behövs för att uppnå önskad rumstemperatur.
- Fritidsbostäder som inte används året runt.
- Växthus, befolkningsskydd eller övriga byggnader vars ändamålsenliga användning försvåras vid användning av föreskrifterna.

Föreskrifterna i byggbestämmelsesamling D3, sätter krav på följande delområden vad gäller energiprestandan :

- Byggnadens värmeförlust.
- Ventilationssystem.
- Uppvärmningssystem av vatten.
- Uppvärmningssystem av utrymmen.
- Husetekniksystem.
- Belysningssystem.
- Rumstemperatur sommartid och nedkylning av byggnaden.
- Beräkning av energiförbrukningen (Finlands byggbestämmelsesamling, D3, 2010).

## **4.2 D5 Beräkning av byggnaders energiförbrukning och uppvärmningseffekt**

I Finlands byggbestämmelsesamling del D5 om byggnaders energiförbrukning och uppvärmningseffekt, fastställs föreskrifter och anvisningar om hur beräkningen av byggnaders energiförbrukning och uppvärmningseffekt skall utföras. Förordningen trädde i kraft den 1 januari 2008, och den baserar sig på Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/91/EG.

Anvisningarna i byggnadsbestämmelsesamling D5 kan användas till att beräkna:

- Energi som går åt till värmeförluster i byggnaden.
- Uppvärmningsbehovet av vatten.
- Elenergiförbrukningen.
- Byggnadens värmelaster.
- Behovet och förbrukningen av kylenergi, samt sommarperiodens inomhustemperatur.
- Energi som går åt till uppvärmning av byggnaden.

(Finlands byggbestämmelsesamling, D5, 2007).



## 5 LEED – Fastigheternas globala miljöcertifikat

Leed (Leadership in Energy and Environmental Design) är ett relativt nytt och internationellt miljöcertifieringssystem, som strävar efter att främja det miljövänliga byggandet. År 2000 utgavs den första versionen, och våren 2009 den tredje. Leed certifieringssystemet är upprättat och utvecklat av U.S. Green Building Council (USGBC). (USGBC, 2008).

Leed är det mest kända och använda miljöcertifikatet. Nordens första byggnad som blivit erkänd ett Leed-certifikat är kontorsbyggnaden Kiinteistö Oy Lintulahdenvuori, som är belägen i Sörnäs Strand i Finland. (Skanska,a).

Den första skolbyggnaden i Finland som byggs enligt Leed-certifiering, är yrkesskolan Axxell vid Bangatan i Karis, där man efterstämmer Leed-certifiering på guldnivå, som är den näst högsta certifieringsnivån inom Leed. (Sjöblom, 2011).

### 5.1 Vad mäter Leed

Kriterierna som Leed tar i beaktande delas in i fem huvudgrupper som är hållbar markanvändning (Sustainable Sites), effektiv vattenanvändning (Water Efficiency), energieffektivitet (Energy and Atmosphere), material och avfall (Materials and Resources) samt kvaliteten på inomhusklimatet (Indoor Environmental Quality).

På basen av den mängd kriterier en byggnad uppfyller, tilldelas byggnaden ett visst antal poäng. På basen av de poäng en byggnad blivit tilldelad, tilldelas byggnaden någon av följande certifieringsnivå; certifierad, silver, guld eller platina.

Nedan presenteras hur många poäng en byggnad måste få, för att uppnå en viss certifieringsnivå.

Certifierad	40-49 poäng
Silver	50-59 poäng
Guld	60-79 poäng
Platina	80-110 poäng

(USGBC, 2008).

Poängsättningskriterierna för ett projekt presenteras noggrannare i bilaga 1,2,3 och 4.

Vad gäller energiuppföljningen i en fastighet, finns det en punkt som direkt är kopplad till detta, EAc5 Measurement and Verification. Med hjälp av ett M&V-system kan man uppnå tre poäng.

(USGBC, 2008).

## 5.2 Certifiering av projekt

För att en byggnad skall kunna få Leed-certifiering krävs att projektet registreras hos Green Building Certification Institute (GBCI). För att kunna registrera ett projekt hos GBCI, krävs noggrann dokumentation av alla delar av projektet på engelska. Då en byggnad är registrerad kan en Leed-expert utföra en miljöbedömning av byggnaden, genom att samla ihop behövlig information om olika delar av byggnaden. Då all behövlig information har samlats in, lämnas informationen in till GBCI där ett certifieringsorgan går igenom informationen. Om informationen är tillräcklig beviljas byggnaden Leed-certifiering, om informationen däremot är otillräcklig, måste ansökan kompletteras och skickas in på nytt. (USGBC, 2009).

## 5.3 Fördelar med LEED-certifiering

Miljövänliga byggnader sparar energi och förorsakar mindre utsläpp av koldioxid. Dessa är huvudorsaker till att förbättra byggnaders energiprestanda. Leed-certifieringssystemet erbjuder ett verktyg med vars hjälp man kan uppskatta byggnaders totala inverkan på miljön enligt ett internationellt erkänt synsätt.

Fördelen med energieffektivt byggande:

- Det har uppskattats att energieffektiva byggnader förbrukar 30-50 % mindre energi jämfört med normala byggnader.
- Energieffektiva byggnader ger upphov till mindre koldioxidutsläpp.
- Energieffektivt byggnadssätt samt energieffektiv användning av en byggnad minskar mängden avfall.

Enligt U.S. Green Building Council har i medeltal följande fördelar åstadkommits genom användning av Leed-miljöcertifieringssystem:

- Driftsskostnader för fastigheten har minskat med 8-9 %
- Fastighetens värde har stigit med 7,5 %
- Kapital som investerats i fastigheten har ökat med 6,6 %
- Fastighetens användningsgrad har ökat med 3,5 %
- Fastighetens hyresinkomster har ökat med 3 % (Skanska, b).

## 6 Uppföljning av energiförbrukningen i fastigheter

Uppföljning av energiförbrukningen innebär att man mäter förbrukningen av värme- och elenergi samt förbrukningen av vatten och jämför de uppmätta värdena med målvärden man har för förbrukningen. Genom att jämföra dessa kan man upptäcka avvikelser i förbrukningen. (Paiho, Leskinen & Mustakallio, 2000, s.27).

Totalförbrukningen av elenergi och vatten, har normalt kunnat avläsas på de förbrukningsmätare som distribueraren levererat. Då man endast känner till den totala förbrukningen, är det svårt att se hur denna fördelas och var åtgärderna bör koncentreras för att minska förbrukningen.

Som ett jämförande exempel, tänk dig själv att du går och handlar i en matbutik, och så får du ett kvitto där det endast framgår det totala priset på dina inköp. Om du då skulle vilja spara på dina matkostnader, är det svårt att göra det då du inte vet vad det totala priset består av. Då du däremot får ett kvitto där priset på varje enskild vara framgår är det mycket lättare att se vad som behöver göras för att minska kostnaderna för dina inköp.

Det samma gäller då vi vill spara energi i en fastighet, det räcker inte att vi känner till den totala förbrukningen, utan vi måste känna till vad enskilda apparater och system förbrukar, för att se vilka källor det lönar sig att koncentrera åtgärderna på för att minska vår energiförbrukning.

De som idag bor i ett höghus, känner oftast inte till sin egen förbrukning av värmeenergi eller varmvatten. Enligt minister Jan Vapaavuori kan man inte godta detta då vi idag strävar efter att minska vår energiförbrukning. För att lösa detta problem har man inom ministeriet beslutit att uppmätning av både varm- och kallvattenförbrukning, i framtiden skall bli obligatorisk för varje lägenhet skilt för sig. ( Miljöministeriet, 2010).

Enligt Europaparlamentets och rådets direktiv (2010/31/EU) om byggnaders energiprestanda, skall medlemsstaterna vidta sådana åtgärder som understöder installation av uppföljningssystem för energiförbrukningen i alla nya byggnader och i byggnader som genomgår grundlig renovering.

Genom att regelbundet följa upp energiförbrukningen kan vi effektivt kontrollera och påverka denna. Genom uppföljning får vi nyttig information om hur energiförbrukningen fördelar sig, om tillfälliga avvikelser i förbrukningen, samt om eventuella funktionsfel i olika apparater som kan orsaka ökad energiförbrukning. Med hjälp av den information vi får då vi regelbundet följer upp vår energiförbrukning, kan vi:

- Få fram hur energiförbrukningen fördelar sig i fastigheten.
- Jämföra fastighetens energiförbrukning med tidigare perioder.
- Se följderna på de åtgärder vi gjort för att förbättra energieffektiviteten.
- Upptäcka funktionsstörningar i olika apparater och system.
- Få fram information för att underlätta uppgörande av en budget. (Motiva, 2010c).

## **6.1 Grund för energiuppföljningen**

Uppföljningen av energiförbrukningen måste basera sig på de mål man har för förbrukningen i en fastighet. Som mål för förbrukningen kan betraktas förbrukningen från föregående år, förbrukningen i liknande typ av fastigheter eller den beräknade förbrukningen. Vid beräkning av målvärden för förbrukningen av värmeenergi behöver man information om fönster, arealen på byggnadens mantel samt dess värmegenomgångskoefficient. Vid beräkningar av luftventilationens energiförbrukning, behövs information om inkommande och utgående luftflöden, ventilationens driftstider

samt verkningsgraden på ventilationens värmeåtervinning. Då interna värmelaster beaktas behövs uppskattningar på värmelastenergi som frigörs från människor och elapparater. (Paiho, Leskinen & Mustakallio, 2000, s.28).

Beroende på vad man vill uppnå med uppföljningen och hur noggrann information man vill få angående energiförbrukningen, bestäms vilka punkter som skall mätas i en byggnad.

Vid valet av uppföljningsprogram, måste man ta i beaktande om det är en enskild fastighet eller en grupp av fastigheter som skall övervakas. En del program stöder energiuppföljning i en enda fastighet, medan andra stöder uppföljning av flere fastigheter i samma program. Om man tar som ett exempel en kommun som är intresserad av att följa upp förbrukningen i flere av sina fastigheter, är den bästa lösningen att välja ett sådant uppföljningsprogram till vilket det är möjligt att införa information från flere olika fastigheter. Detta underlättar uppföljningen, eftersom man i samma rapport kan se förbrukningen i alla fastigheter.

## **6.2 Mätapparatur**

För att kunna inverka på vår energiförbrukning, måste vi ha klart för oss till vad energin går åt i vår fastighet. Förutom den totala förbrukningen av värme, vatten och el, är det viktigt att vi känner till hur denna förbrukning fördelas. För att klargöra detta, bör givare och förbrukningsmätare installeras på de apparater och system, som står för huvuddelen av energiförbrukningen i fastigheten. I detta kapitel behandlas de vanligaste givare och sändare som används inom fastighetsautomation, för att ta reda på den information som behövs för fastställning och styrning av energiförbrukningen.

### **6.2.1 Givare**

Med givare avses ett mätinstrument som mäter ett värde som kan sändas vidare till t.ex en datalogger för insamling av information och/eller styrning av utrustning. De vanligaste givare som används inom fastighetsautomation är olika typer av temperatur- och flödesgivare. Olika typer av temperaturgivare är utomhus-, nedsänkta, yt-, kanal- och rumstemperaturgivare. Med en utomhustemperaturgivare mäter man temperaturen utomhus, denna givare skall placeras på nordsidan av en byggnad för att förhindra onödig påverkan av solstrålning. Med en nedsänkt givare kan man mäta t.ex vattentemperaturen i

rör och behållare. Viktigt för denna typ av givare, är att vattnet är väl omrört vid mätpunkten. Med en ytgivare mäts t.ex. temperaturen på den inkommande vattenledningen till ett uppvärmningssystem. En kanalgivare används för mätning av lufttemperaturen i ventilationskanalerna. En rumstemperaturgivare används då man reglerar temperaturen skilt för en lägenhet eller skilt för ett rum. (Harju, 2006, s.24-26).

Inom fastighetsautomation används också s.k. motståndsgivare vars mätelelement består av platina, nickel eller halvledarmaterial. De vanligaste temperaturgivarna är platinagivarna Pt100 (se figur 7) och Pt1000. Den nominella resistansen för en Pt100-givare vid 0°C är 100 ohm, och för en Pt1000 är resistansen vid samma temperatur 1000 ohm. Andra typer av motståndsgivare är NTC- och PTC-givaren som är halvledargivare. Resistansen på en NTC (Negative Temperature Coefficient) givare blir mindre då temperaturen ökar. Resistansen på en PTC (Positive Temperature Coefficient) -givare ökar då temperaturen ökar.



*Figur 7. Pt100-givare.*

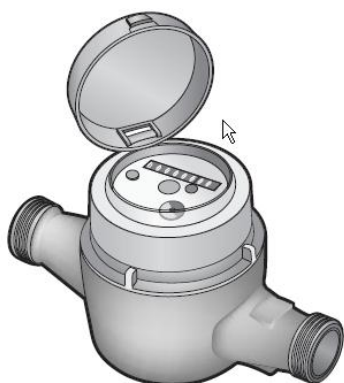
I tabell 2 visas de olika resistanserna för en Pt100, Ni1000, NTC- och PTC-givare vid olika temperaturer från -40°C till 100° C.

Tabell 2. Resistansvärden vid olika temperaturer för de vanligaste temperaturgivaren.

Temperatur / ° C	Pt100/ohm	Ni1000/ohm	NTC /ohm	PTC/ohm
-40	84,21	791	43408	1134
-30	88,17	841	23811	1246
-20	92,13	893	13696	1366
-10	96,07	946	8217	1494
0	100,00	1000	5117	1629
10	103,90	1056	3295	1772
20	107,79	1112	2187	1922
25	109,73	1141	1800	2000
30	111,67	1171	1491	2080
40	115,54	1230	1042	2246
50	119,40	1291	744	2419
60	123,24	1353	542	2600
70	127,07	1417	403	2789
80	130,89	1483	304	2985
90	134,70	1549	233	3189
100	138,50	1618	182	3400

(Värjä & Mikkola, 2009, s.38).

För att bestämma mängden av värmeenergi som går åt till ett uppvärmningssystem, används förutom temperaturgivare också olika flödesgivare. Exempel på olika flödesgivare som används, är de så kallade vinghjul- och ringkolvsflödesgivarna (se figur 8), som idag används för att mäta totalförbrukningen av vatten, i största delen av fastigheterna. Förutom dessa finns flödesgivare som är baserade på t.ex. ultraljudsmätning. (Harju, 2006, s.113).



Figur 8. Ringkolvsflödesgivare.

Vid bestämning av värmeenergiförbrukningen, används till stor del flödesgivare som är baserade på ultraljudsmätning (se figur 9.). Flödesgivaren kopplas till en energimätare som beräknar flödet. Flödesgivaren placeras oftast på returvattnet då vattnet där är svalare än på det inkommande vattnet. (Värjä & Mikkola, 2009, s.32).



*Figur 9. Ultraljudsflödesgivare.*

### 6.2.2 Temperatursändare

En temperatursändare (se figur 10) mäter resistansen på temperaturgivaren och omvandlar mätresultatet till en strömsignal. Den mest använda strömsignalen är 4-20 mA, andra förekommande signaler är 0-10 V och 0-20 mA. Temperatursändaren är ofta inbyggd i själva temperaturgivaren. Från temperatursändaren går informationen vidare till t.ex en temperaturmätare som omvandlar strömsignalen till en temperatur.



*Figur 10. Temperatursändare.*

I tabell 3 presenteras värden på de vanligaste strömsignalerna, vid olika temperaturer med ett intervall på 25 °C.



Tabell 3. Värden på de vanligaste strömsignalerna vid olika temperaturer.

Temperatur / °C	0-10 V	0-20 mA	4-20 mA
0	0	0	4
25	2,5	5	8
50	5	10	12
75	7,5	15	16
100	10	20	20

(Värjä & Mikkola, 2009, s.40,42)

### 6.2.3 Värmeenergimätare

En värmeenergimätare (se figur 11) beräknar temperaturskillnaden på det inkommande och utgående vattnet i ett vattenburet uppvärmningssystem, på basen av den information den får av temperaturgivarna. Flödet beräknar energimätaren på basen av den information den får från flödesgivaren. På basen av temperaturskillnaden, flödet och densiteten på vattnet, beräknar energimätaren energimängden som går åt, och visar resultatet i form av t.ex MWh. Energimätaren visar ofta också temperaturskillnaden och flödet. (Värjä & Mikkola, 2009, s.32).



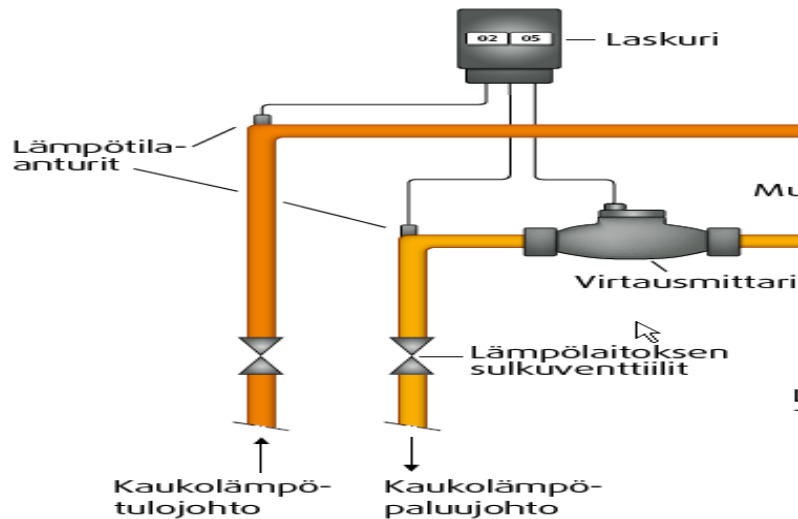
Figur 11. Värmeenergimätare.

### 6.3 Uppföljning av den förbrukade värmeenergin

Då man vill ta reda på hur mycket värmeenergi som förbrukas i ett fjärrvärme- eller jordvärmesystem i en fastighet, mätes temperaturen på det inkommande och utgående vattnet, dessutom måste vattenflödet mätas. (Harju, 2006, s.114).

För att bestämma temperaturen på det inkommande och utgående vattnet, används t.ex. en Pt100-givare som placeras på den inkommande och utgående linjen för vattnet. Dessa

givare skickar informationen vidare till en så kallad energimätare, som utför behövliga beräkningar och visar förbrukningen i t.ex kWh. Principen för hur värmeenergimätning går till presenteras i figur 12.



Figur 12. Princip över hur värmeenergimätning går till i ett vattenburet värmesystem.

Värmeeffekten som uppvärmningssystemet förbrukar vid ett visst tillfälle, kan beräknas enligt ekvation 2.

$$\Phi = \dot{V} \times \Delta t \times \rho \times C_p \quad (2)$$

där

$\Phi$  = Värmeflödet dvs. värmeeffekten i kJ/s, kW

$\dot{V}$  = Volymflödet [ $\text{dm}^3/\text{s}$ ]

$\Delta t$  = temperaturskillnaden på inkommande och utgående vattnet [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\rho$  = vattnets densitet vid mättemperaturen [ $\text{kg}/\text{dm}^3$ ]

$C_p$  = Vattnets specifika värmekapacitet [ $\text{kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$ ]

Vid beräkning av värmeeffekten kan som vattnets specifika värmekapacitet användas värdet  $4,1868 \text{ kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$ . Som vattnets densitet används värdet  $1,0 \text{ kg}/\text{dm}^3$ .

Den förbrukade värmeenergin beräknas genom att multiplicera värmeeffekten med tiden. Värmeenergi i en fastighet går åt till uppvärmningssystemet, till uppvärmning av bruksvatten samt till uppvärmning av ventilationsluften. Värmeenergi förbrukas också vid nedkylning av byggnaden.

En energimätare avläser med små mellanrum mätvärden från temperatur- och flödesgivaren och beräknar effekten på basen av dem, efter det beräknar energimätaren den förbrukade värmeenergin genom att multiplicera tiden på mätintervallet med den förbrukade effekten.

(Värjä & Mikkola, 2009, s.32).

## 6.4 Uppföljning av elenergiförbrukningen

För att följa upp hur mycket elenergi det går åt till olika apparater och system, används en elenergimätare som beräknar pulser i takt med förbrukningen. Det vanligaste är att 1000 pulser motsvarar 1 kWh, detta kan dock variera beroende på tillverkare och modell. Från elenergimätaren går information vidare via t.ex en Modbus/Ethernet gateway vidare till en övervakningsdator där förbrukningen kan avläsas. Förbrukningsmätare som används vid bestämning av den förbrukade elenergin presenteras i figur 13 nedan.



Figur 13. Elenergimätare.

## 6.5 Uppföljning av vattenförbrukningen

För att ta reda på hur mycket vatten som förbrukas i en fastighet placeras en förbrukningsmätare på ingående vattenrör. Mätaren kan vara utrustad med puls eller datautgång. Mätaren kopplas till en pulsräknare som räknar antalet pulser och omvandlar resultatet till en förbrukning  $\text{m}^3$ . Från pulsräknaren går informationen via t.ex en Modbus/Ethernet gateway vidare till en övervakningsdator där informationen behandlas

och olika rapporter framställs enligt förvalda inställningar. Varmvattenförbrukningen mätes på samma sätt.

## 6.6 Normering av värmeenergiförbrukningen

För att kunna jämföra olika månaders och års förbrukning av värmeenergi, måste den uppmätta förbrukningen normeras. Med hjälp av den normerade förbrukningen kan man också jämföra byggnadens energiförbrukning med energiförbrukningen i liknande typ av byggnader på en annan ort. Normering av en byggnads energiförbrukning sker med hjälp av ett graddagstal som ges av meteorologiska institutet för 16 jämförelsekommuner varje månad.

Med normering avser man att man utför en väderlekskorrigering av värmeenergiförbrukningen. Genom att utföra en väderlekskorrigering kan vi se hur en byggnad och dess uppvärmningssystem fungerat jämfört med t.ex tidigare år, oberoende av utomhustemperaturen. Då utomhustemperaturen förändras, förändras givetvis också förbrukningen av värmeenergi i byggnaderna. Om man inte utför en korrigering av värmeenergiförbrukningen, kan man inte jämföra förbrukningen över olika perioder på ett tillförlitligt sätt.

Graddagstalet beräknas genom att addera differensen på den dagliga inom- och utomhustemperaturen över en månad. Vanligtvis använder man ett graddagstal på  $S17$ , som beräknats till  $+17^{\circ}\text{C}$ , på basen av den förmodliga medeltalsdifferensen på inom- och utomhustemperaturen. Det månatliga graddagstalet är summan av graddagstalen för varje dygn i månaden, det årliga graddagstalet är summan av de månatliga graddagstalen. Som ett normal års graddagstal används ett medeltals graddagstal för åren 1971-2000. Vid bestämning av graddagstal tar man inte i beaktande dagar vars medeltemperatur på våren överstiger  $+10^{\circ}\text{C}$  och på hösten  $+12^{\circ}\text{C}$ . Då temperaturen överstiger eller går under dessa temperaturer antar man att uppvärmningen påbörjas och avslutas. Med hjälp av de egentliga inom- och utomhustemperaturerna, kan graddagstalen också beräknas i ett uppföljningssystem. Då slipper man att mata in graddagstalen i systemet. (Motiva, 2010d).

### 6.6.1 Ekvationer som används vid normering av värmeenergiförbrukningen

Normeringen av värmeenergiförbrukningen sker med hjälp av Motiva Oy:s anvisningar. I den korrigerade värmeenergiförbrukningen beaktas de verkliga graddagstalen och energin som går åt till uppvärmning av vatten. Den energi som går åt till uppvärmning av vatten, är inte beroende av temperaturen utomhus, därför måste dess andel skiljas åt från värmeenergiförbrukningen som skall normeras.

Då man vill jämföra en byggnads förbrukning över olika tidsperioder, skall förbrukningen normeras enligt ekvation 3.

$$Q_{norm} = \frac{S_N \text{ vpkunta}}{S_{toteutunut} \text{ vpkunta}} \times Q_{toteutunut} + Q_{lämmin \text{ käyttövesi}} \quad (3)$$

där

$Q_{norm}$	= den normerade värmeenergiförbrukningen.
$Q_{toteutunut}$	= energin som går åt till uppvärmning av byggnadens utrymmen.  $\rightarrow Q_{kok} - Q_{lämmin \text{ käyttövesi}}$
$Q_{kok}$	= byggnadens totala värmeenergiförbrukning.
$Q_{lämmin \text{ käyttövesi}}$	= energi som går åt till uppvärmning av vatten.
$S_N \text{ vpkunta}$	= jämförelsekommunens normgraddagstal över ett år eller en månad.
$S_{toteutunut} \text{ vpkunta}$	= det verkliga månatliga eller årliga graddagstalet för jämförelsekommunen.

Då man vill jämföra byggnadens energiförbrukning med byggnader på övriga orter, skall byggnaden normeras med graddagstalet för landets jämförelseort Jyväskylä enligt ekvation 4.

$$Q_{norm} = k_2 \times \frac{S_N \text{ vpkunta}}{S_{toteutunut \text{ vpkunta}}} \times Q_{toteutunut} + Q_{lämmen \text{ käyttövesi}} \quad (4)$$

där

$k_2$	= justeringstal till Jyväskylä för kommunen ifråga.
$S_N \text{ vpkunta}$	= jämförelsekommunens normgraddagstal över ett år eller en månad.
$S_{toteutunut \text{ vpkunta}}$	= det verkliga månatliga eller årliga graddagstalet för jämförelsekommunen.

Övriga enligt ekvation 3.

Då man vill jämföra byggnadens förbrukning med förbrukningen av andra byggnader på samma ort skall normering ske enligt ekvation 5.

$$Q_{norm} = k_1 \times \frac{S_N \text{ vpkunta}}{S_{toteutunut \text{ vpkunta}}} \times Q_{toteutunut} + Q_{lämmen \text{ käyttövesi}} \quad (5)$$

där

$k_1$	= justeringstal till jämföringskommunen.
$S_N \text{ vpkunta}$	= jämförelsekommunens normgraddagstal över ett år eller en månad.
$S_{toteutunut \text{ vpkunta}}$	= det verkliga månatliga eller årliga graddagstalet för jämförelsekommunen.

Övriga enligt ekvation 3.

Vid användning av det verkliga graddagstalet som fåtts från ett fastighetsautomationssystem, kan normgraddagstalet för en kommun där fastigheten befinner sig beräknas enligt ekvation 6. Efter det kan byggnadens normerade förbrukning beräknas enligt ekvation 7.

$$S_{N\ kunta} = \frac{S_{N\ vpkunta}}{k_1} \quad (6)$$

$$Q_{norm} = \frac{S_{N\ kunta}}{S_{toteutunut\ kunta}} \times Q_{toteutunut} + Q_{lämmin\ käyttövesi} \quad (7)$$

där

$S_{N\ kunta}$  = Normgraddagstalet för kommunen i fråga.

$S_{toteutunut\ kunta}$  = Verkliga graddagstalet för kommunen i fråga, som fåtts ur fastighetsautomationssystemet.

Övriga enligt ekvation 3.

Om förbrukningen av varmvatten har uppmätts, kan den energi som gått åt till uppvärmningen av det, beräknas enligt ekvation 8.

$$Q_{vesi} = \frac{\rho \times C_p \times V \times (t_2 - t_1)}{3600} \quad (8)$$

där

$Q_{vesi}$  = Energi som gått åt till uppvärmning av vattnet [kWh]

$\rho$  = vattnets densitet [1000kg/m<sup>3</sup>]

$C_p$  = vattnets specifika värmekapacitet [4,2 kJ/kg°C]

$V$  = vattenförbrukningen [m<sup>3</sup>]

$t_2$  = temperaturen på det uppvärmda vattnet [°C]

$t_1$  = temperaturen på vattnet som skall uppvärmas [°C]

3600 = enhetsförändringsvariant [kJ→kWh]

(Motiva,2010d)

## 6.7 Utnyttjandet av mätresultat

Idag är det vanligt att ett uppföljningsprogram för energiförbrukningen installeras på en övervakningsdator som har hand om hela fastighetsautomationssystemet. Information från givaren och mätaren överförs med hjälp av t.ex. modbus-protokoll till övervakningsdatorn, där informationen behandlas. På basen av inställningar gjorda av användaren, genereras förbrukningsrapporter på vatten, värme och el.

Modbus är ett kommunikationsprotokoll utvecklat av Modicon. Protokollet är en metod som används för att överföra information mellan elektroniska enheter. Enheten som begär information kallas Modbus master, medan en enhet som svarar på frågan kallas Modbus slave. (Modbus Organization).

Olika diagram är det vanligaste och mest överskådliga framställningssättet på energiförbrukningen i en fastighet, vilket är viktigt för att få så stor nytta av uppföljningen som möjligt. Frekvensen på förbrukningsrapporterna kan vara års-, månads-, vecko-, dag- eller timrapporter. (Motiva, 2001).

Rapporterna sändes idag oftast automatiskt via e-post till valda personer som kan vara t.ex. fastighetsskötaren och disponenten. Olika alarm kan sändas automatiskt också direkt till gsm-telefoner. Dagens program är oftast internetbaserade, vilket underlättar övervakningen av en byggnads förbrukning, eftersom man varifrån som helst där man har tillgång till internet, kan få tillgång till informationen.

## 6.8 Uppföljningens betydelse för fastigheterna

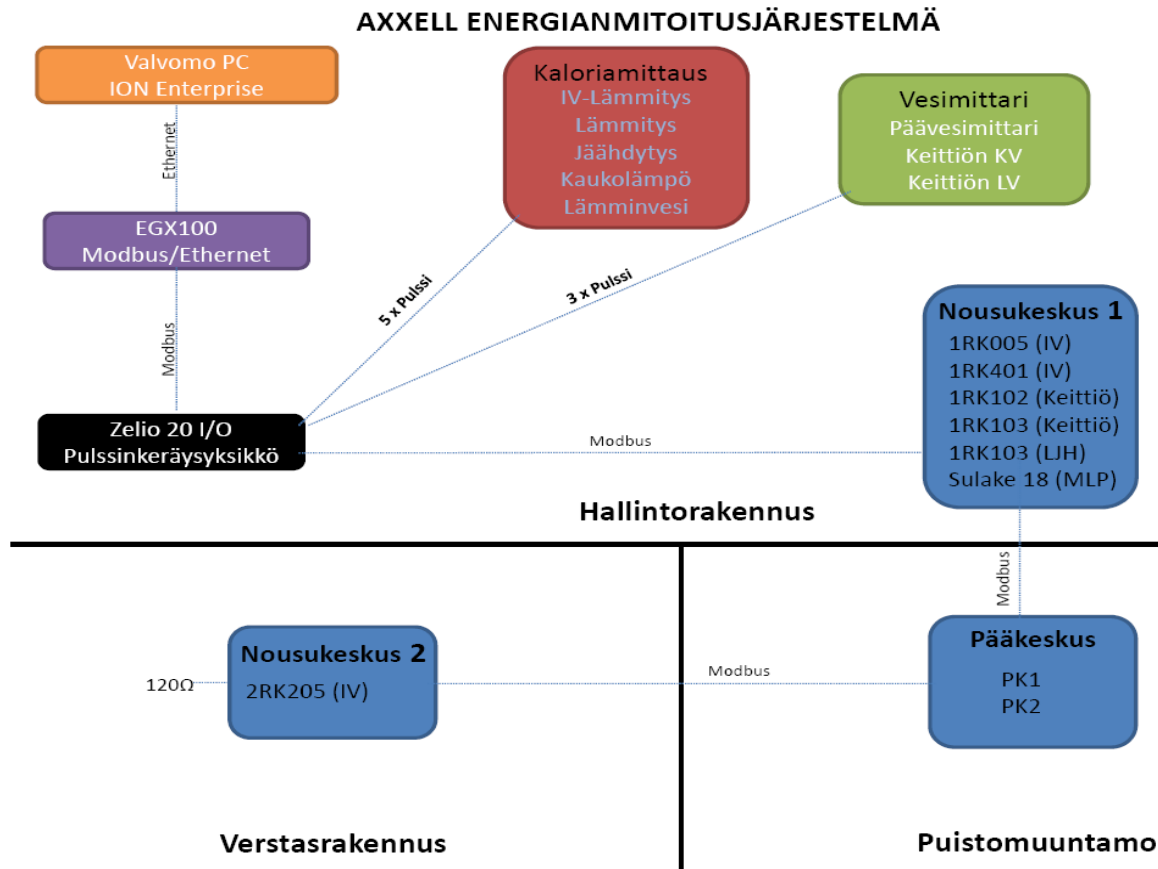
Priset på energi har de senaste åren stigit och kommer också att göra det i framtiden. Med hjälp av den minskning av energiförbrukningen som kan åstadkommas genom uppföljning, kan kostnaderna minskas betydligt. Förutom de direkta ekonomiska inbesparingar man kan få med hjälp av ett uppföljningssystem, kan man snabbare upptäcka t.ex. vattenläckage och fel i apparatur som leder till ökad energiförbrukning, och på så sätt kan man minska skadans art och reparationskostnaderna.(Talokeskus).



## 7 Energiuppföljningssystemet vid yrkesskolan Axxell i Karis

Vid yrkesskolan Axxell i Karis, kommer det att installeras ett uppföljningssystem som följer upp förbrukningen av värme, el och vatten. Målsättningen vid planeringen av uppföljningssystemet, har varit att få fram ett lättanvänt och överskådligt rapporteringssystem. Från rapporterna vill man, förutom förbrukningen för de olika systemen, också få fram driftskostnaderna direkt i euro. För att förverkliga detta undersöktes flere system på marknaden, varefter man valde Schneider Electric's ION Enterprise-program, som är ett användarvänligt webbaserat uppföljningsprogram. Uppföljningssystemet är tillgängligt med hjälp av en vanlig webbläsare, vilket gör det möjligt att komma åt uppgifter över förbrukningen varifrån som helst, där man har tillgång till en webbläsare och internet.

Från de olika energimätarna går informationen vidare till en pulssamlarenhet av modell Zelio 20, vartifrån den går vidare till en EGX100 Modbus/Ethernet gateway och från den vidare till övervakningsdatorn där ION Enterprise-programmet finns installerat. Principen över systemet visas i figur 14.



Figur 14. Uppföljningssystemet i yrkesskolan Axxell. (Hangö Elektriska)

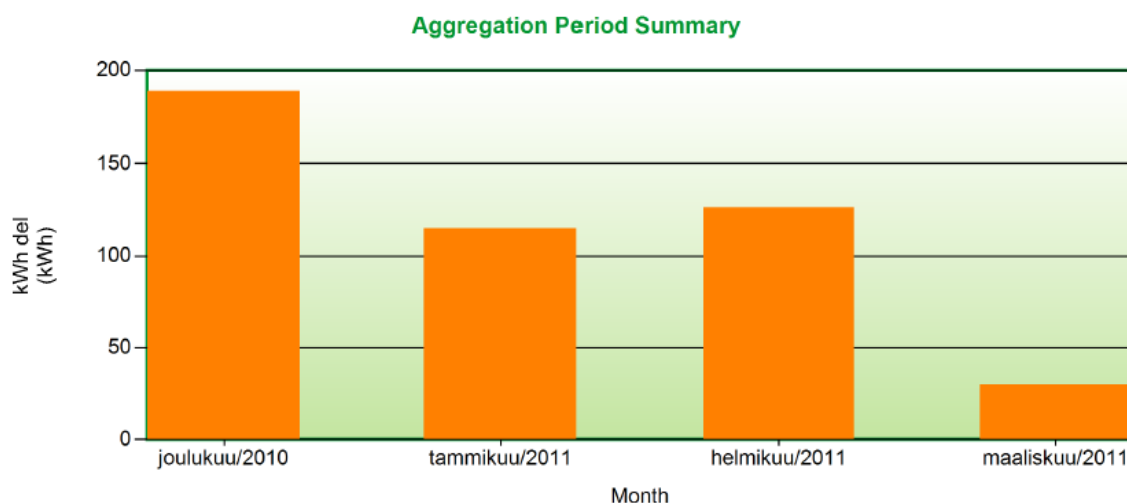
Huvudavsikten med uppföljningssystemet är att följa med energiförbrukningen och kostnaderna för denna, för att hela tiden ha tillgång till data för att kunna vidtaga åtgärder för att minska på förbrukningen. Genom att jämföra förbrukningen med de målvärden man har, kan man snabbt upptäcka om de apparater och system man valt att mäta förbrukar för mycket energi. Det är också meningen att man med hjälp av uppföljningssystemet skall kunna se hurudan inverkan de åtgärder man gör, har på energiförbrukningen. Genom att mata in den budgeterade förbrukningen, samt priset på energin, kan de verkliga kostnaderna jämföras med de budgeterade.

I uppföljningsprogrammet väljer användaren själv vilken energiförbrukning han vill följa upp, samt över vilken tidsperiod. Uppföljningsperioder som kan väljas är år, månad, vecka och dag. Man kan välja att generera en rapport över den totala energiförbrukningen, eller så kan man välja vilken delmätning man vill följa upp, t.ex. energi som gått åt till uppvärmning av vatten. Hur användargränssnittet ser ut i ION Enterprise-programmet vid val av hurudan rapport som skall genereras, visas i figur 15.

Energy Period Over Period Report	
Title	Energy Period Over Period Report
Sources	Select Sources Schneider.Vuokra_33
Measurement	Select Measurement kWh del (kWh)
Period	Timezone: Server Local Time
	Aggregation Period: Month
	Comparison Type: Current Month vs Previous Month
	Aggregation Interval: Day of Month (Date)
	Number of Comparisons: 5
Include Data Warnings	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No
<b>Generate Report</b>	
Selected Dates: maaliskuu 2011 helmikuu 2011 tammikuu 2011 joulukuu 2010 marraskuu 2010 lokakuu 2010	

Figur 15. Val av hurudan rapport som skall genereras.(Schneider Electric)

Förbrukningen kan visas både i grafisk och i numerisk form. Som grafisk visning kan t.ex. stapel-, linje- eller cirkeldiagram väljas. Då man vill jämföra förbrukningen över en eller flere månader är visning i form av stapeldiagram rätt så överskådligt.



Figur 16. Grafisk presentation av förbrukningen över olika månader. (Schneider Electric)

I figur 16 ovan visas hur den grafiska presentationen av förbrukningen över olika månader ser ut i ION Enterprise-programmet. Den grafiska presentationen visar överskådligt hur energiförbrukningen fördelat sig över olika perioder. I bilaga 5 presenteras en numerisk rapport över samma förbrukning som i bilden ovan. Den numeriska rapporten visar noggrannare information över förbrukningens fördelning dag för dag.

Genom att mata in kostnaden för energin, får man fram en rapport över kostnaderna för den förbrukade energin. Hur en kostnadsrapport över förbrukningen ser ut, presenteras i figur 17.

All Sources (Independent)			
Energy Cost			
	Total	Unit Cost (€)	Cost for Tariff (€)
Real Energy (kWh)	2 053,04	0,08	164,24
	SubTotal (€)		104,24
Energy Cost Total (€)			104,24
Total (€)			104,24

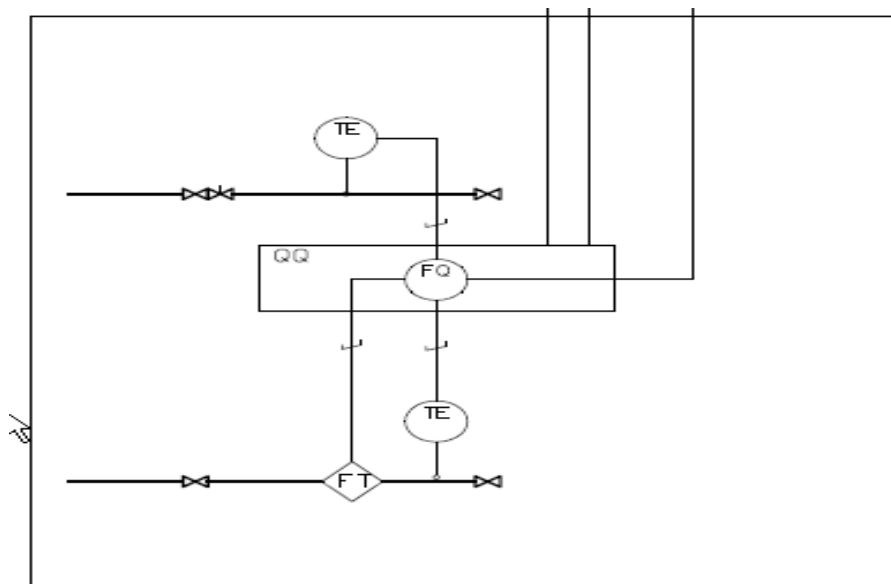
Figur 17. Kostnadsrapport över energiförbrukningen. (Schneider Electric)

## 7.1 Uppföljning av värmeenergiförbrukningen

Uppvärmning i yrkesskolan Axxell sker med hjälp av jord- och fjärrvärme. Jordvärme kommer att vara den huvudsakliga värmekällan, medan fjärrvärme fungerar som ett reservsystem och kopplas in då jordvärmen inte räcker till. Nedkylning av byggnaden kommer att ske med hjälp av frikylning från jordvärmesystemet. Uppvärmningssystemet är ett slutet pumpdrivet vattenburet system. Utrymmen i byggnaden värms upp med hjälp av ventilation, värmeelement och strålningsvärmare. För nedkylning av byggnaden, förses byggnaden med ett kylvattensystem som kyler kylbatteri som finns i tilluftsmaskin, samt kylstrålare som finns i administrationsdelen i byggnaden.

I byggnadens värmefördelningscentral installeras tre stycken värmeväxlare. Genom dessa värmeväxlare cirkulerar vatten som går till uppvärmningssystemet, ventilationuppvärmningen samt varma bruksvattnet. Till dessa värmeväxlare är fjärrvärmesystemet kopplat, det kopplas in då temperaturen på vattnet som cirkulerar genom värmeväxlaren sjunker för lågt. En mätcentral där energimätningar sker, placeras i värmefördelningscentralen.

Energi som går åt till uppvärmningen av byggnaden, uppvärmningen av ventilationsluften, uppvärmningen av vatten, samt nedkylning av byggnaden uppmäts skilt för sig. För uppmätning av den förbrukade värmeenergin, används energimätare tillverkade av Kamstrup modell 601. Vid mätning av den förbrukade värmeenergin kopplas två temperaturgivare (TE), och en flödesgivare (FT), till värmeenergimätaren enligt figur 18. Energimätaren beräknar den förbrukade energimängden och skickar informationen vidare i form av pulser, till en pulsberäknare av modell Zelio 20 I/O. Därifrån går informationen vidare med Modbus protokoll till en Modbus/Ethernet gateway, varifrån information går vidare via Ethernet till övervakningsdatorn där uppföljningsprogrammet är installerat. (Työselostus Axxell).



Figur 18. Ritning över värmeenergimätningarna. (Tuomi Yhtiöt Oy)

I ovanstående figur presenteras principen för värmeenergimätningarna som utförs vid yrkesskolan Axxell. Som flödesgivare kommer att användas Ultraflow 54-ultraljudsflödesgivare tillverkade av Kamstrup. Flödesgivaren sänder ut pulser till energimätaren som räknar pulserna och omvandlar pulsantalet till en flödesmängd.



Figur 19. Värmeenergimätare Kamstrup Multical 601.

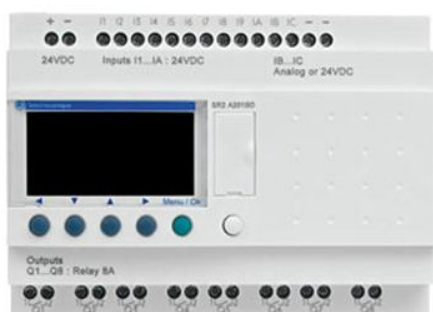
I figuren ovan visas en bild över hur värmeenergimätarna som används vid yrkesskolan Axxell ser ut.

### 7.1.1 Uppföljning av vattenförbrukningen

I yrkesskolan Axxell mäter man, förutom den totala förbrukningen av vatten, också förbrukningen av varmvatten. Eftersom skolan kommer att utrustas med ett stort kök, kommer skilda förbrukningsmätare på både kall- och varmvatten att placeras på vattenlinjerna för köket.

Information om den totala vattenförbrukningen fås från förbrukningsmätaren som installerats av vattenverket. För att få reda på förbrukningen av varmvatten, installeras en förbrukningsmätare på inmatningslinjen för kallvatten före värmeväxlaren som värmer upp vattnet.

Förbrukningsmätarna sänder ut pulser som går vidare till en pulsräknare av modell Zelio 20 (se figur 20), som räknar pulserna och ger ut förbrukningen i m<sup>3</sup>. Från pulsräknarna går informationen vidare via en Modbus/Ethernet gateway till övervakningsdatorn, där uppföljningsprogrammet finns installerat.



Figur 20. Pulsräknare Zelio 20.

### 7.1.2 Uppföljning av elenergiförbrukningen

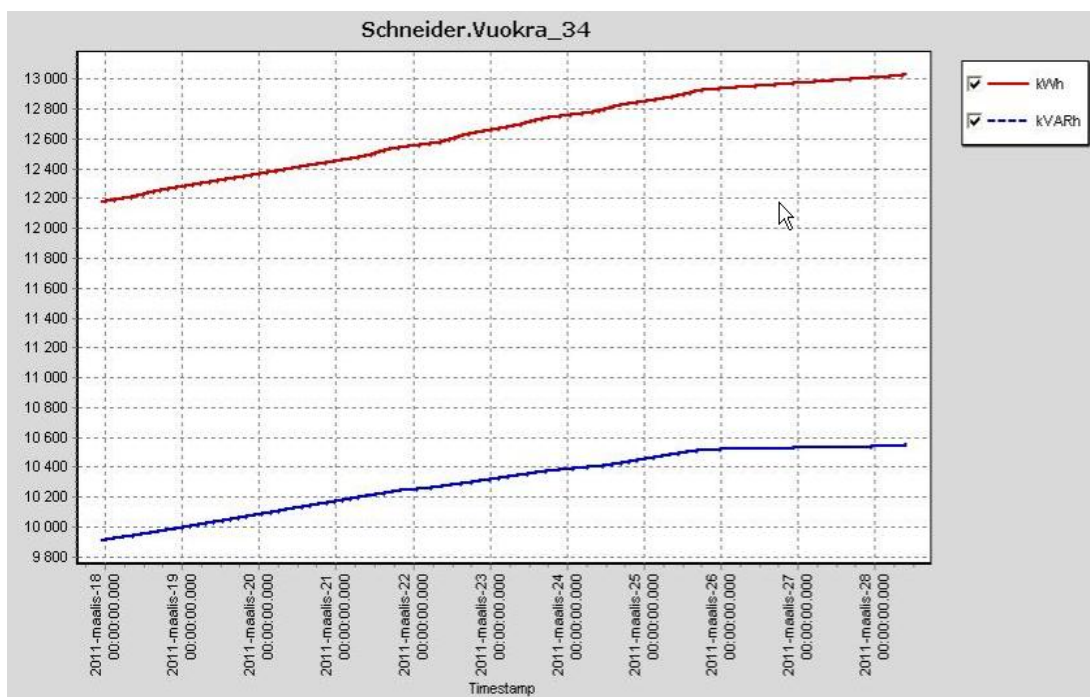
För att mäta elenergiförbrukningen utrustas byggnaden med Schneider Electric's förbrukningsmätare av modell PM9C som visas i figur 21. Förbrukningsmätaren mäter pulser och ger ut förbrukningen i kWh. Från dessa förbrukningsmätare går information vidare med Modbus protokoll till en pulssamlarenhet av modell Zelio 20, varifrån information går via en Modbus/Ethernet gateway till övervakningsdatorn där information om förbrukningen kan avläsas.

Vid yrkesskolan Axxell kommer man, förutom den totala elförbrukningen, att mäta elförbrukningen som går åt till upprätthållandet av ventilation i de båda byggnaderna skilt för sig. Man kommer också att mäta elenergi som går åt till skolans kök, värmefördelningscentral, samt elenergi som går åt till jordvärmepumparna.



Figur 21. Förbrukningsmätare för el, modell PM9C.

I figuren nedan presenteras förbrukningsuppgifter på el, som uppmätts med en energimätare av modell PM9C.



Figur 22. Elenergiförbrukning uppmätt med en PM9C mätare. (Schneider Electric)

## 7.2 Rapportering

Rapporter över förbrukningen skickas automatiskt per e-post åt förvalda personer, vid förvalda tidpunkter, som t.ex. sista dagen i varje månad. I programmet väljs hurudana rapporter som skickas till olika personer. Förutom att rapporterna skickas automatiskt per epost, kan förbrukningen följas upp direkt via en webbläsare.

Rapporterna innehåller:

- Datum och information om fastigheten.
- Vilken energiform rapporten omfattar.
- Tidsperioden då de rapporterade förbrukningsuppgifterna ägt rum.
- Förbrukningsuppgifter i grafisk och/eller numerisk form.



## 8 Kritisk granskning och diskussion

Att få till stånd ett fungerande energiuppföljningssystem är i praktiken betydligt svårare än i teorin. Tekniken har tagit stora framsteg under de senaste åren, och automationsnivån i fastigheterna är idag på en helt annan nivå än för 10 år sedan. Den ökade automationsnivån har gjort att det uppstått problem med skötseln av fastigheterna, eftersom fastighetsskötarna ofta inte har tillräcklig utbildning inom området. Idag är det vanligt att systemleverantören blir den som får ta hand om skötseln och justeringen av de mera tekniskt avancerade systemen. Men är detta ett bra sätt?

Dessa företag har ofta inget eget intresse att se till att fastigheten är så energieffektiv som möjligt, för dem räcker det att systemen fungerar tekniskt. Jag anser att det inte är bra att ha utomstående företag som sköter om justeringen av systemen i fastigheterna, eftersom fastighetsägaren då har svårt att själv påverka hur systemen justeras.

För att kunna dra någon nytta av ett energiuppföljningssystem är det viktigt att fastighetsskötaren regelbundet får rapporter över energiförbrukningen, samt att han verkligen förstår sig på dem. Om avvikande förbrukning uppstår, är det viktigt att fastighetsskötaren kan reda ut vad avvikelserna beror på, samt att han har tillräcklig kunskap att åtgärda problemet.

Det är viktigt att personerna som har tillgång till förbrukningsuppgifterna, känner till på vilken nivå förbrukningen borde ligga. Det är ingen större nytta om personerna bara konstaterar att förbrukningen stigit, de måste också ta till åtgärder och utreda vad ökningen beror på.

## 9 Avslutning

Genom att förse fastigheter med ett välplanerat energiuppföljningssystem, får man tillgång till värdefull information och ser hur energiförbrukningen fördelas mellan de olika mätpunkterna. Informationen är en förutsättning för att man skall kunna vidta effektiva och riktiga åtgärder för att minska energikostnaderna. En central del i ett energiuppföljningssystem är rapportering av förbrukningen. Det är viktigt att få fram överskådliga rapporter på förbrukningen, för att användaren skall ha så stor nytta av dem som möjligt.

Uppföljningsprogrammet som används vid yrkesskolan Axxell, är ett överskådligt och lätt använt program. Med programmet kan man generera rapporter som innehåller information mer än tillräckligt. Vid yrkesskolan Axxell har man valt att följa upp energiförbrukningen och priset på den förbrukade energin, vilket lätt kan göras med det valda programmet. Under arbetets gång upptäckte jag att Schneider Electrics ION Enterprise-program inte ger tillgång till normerade förbrukningsuppgifter. Jag anser att det skulle vara oerhört viktigt att ha tillgång till den informationen, eftersom man då kunde jämföra byggnadens förbrukning med t.ex föregående år på ett tillförlitligt sätt. Då man inte har tillgång till normerade förbrukningsuppgifter som tar i beaktande utomhusförhållandena, kan man inte jämföra en fastighets förbrukning på ett tillförlitligt sätt, eftersom man inte vet om avvikelser i förbrukningen beror på utomhusförhållanden eller eventuella fel i uppvärmningssystemet. Vid ett besök på Schneider Electrics kontor i Esbo, påpekade jag detta, och de lovade mig att de skulle utreda om det finns möjlighet att få tillgång till normerade förbrukningsuppgifter med ION Enterprise-programmet.

En positiv sak med programmet är att man till det kan införa förbrukningsuppgifter från flere olika byggnader som kan vara belägna på olika orter. Den här möjligheten anser jag att skolsammanslutningen Axxell kunde dra stor nytta av, eftersom de har verksamhet i flere olika byggnader på flere olika orter. Genom att utnyttja denna möjlighet kunde de ha tillgång till förbrukningsuppgifter för alla sina byggnader med ett enda program, som dessutom skickar rapporter över förbrukningsuppgifter automatiskt till förvalda personer. Detta skulle ge dem bättre kontroll över deras energiförbrukning, bättre möjligheter att påverka förbrukningen samt en god grund vid uppgörande av en budget för skötsel av fastigheterna.

Under arbetets gång har jag lärt mig en hel del saker angående hur och varför man följer upp energiförbrukningen i fastigheter. Ämnet var för mig helt okänt från förut, så det tog en tid att förstå sammanhanget med energiuppföljning. Då jag arbetat med detta examensarbete har jag märkt att ordentliga tryckta källor angående energiuppföljning har varit svårt att hitta. Detta ledde till att jag varit tvungen att använda mera källor från internet än vad jag hade planerat.

Från första början var det meningen att jag skulle vara med och förverkliga hela uppföljningssystemet i praktiken vid yrkesskolan Axxell, men eftersom byggnaden blir klar först under hösten/vintern 2011, bestämde vi tillsammans med Hangö Elektriska att jag istället gör en utredning i hur och varför energiförbrukningen följs upp. Meningen var också att jag skulle klargöra vilka direktiv och förordningar som styr detta. Personligen anser jag att det skulle ha varit lättare att skriva detta examensarbete om jag först skulle ha varit med vid planeringsskedet och sedan i praktiken förverkligat det, eftersom jag då skulle ha haft en bättre förståelse för principerna bakom uppföljningen.

Personligen är jag rätt så nöjd med mitt arbete, samt med hur jag arbetat med det. Den första delen i arbetet som handlar om direktiv och förordningar kring energiprestandan i fastigheter, kunde jag ha satt mig ännu bättre in i och på så sätt fått till stånd en mera lättläst text än vad den är nu. Den senare delen anser jag att är ganska lyckad med tanke på att jag inte haft tillgång till själva uppföljningsprogrammet, utan informationen baserar sig på intervjuer jag gjort.

## Källförteckning

Energiatodistusopas (2007). *Rakennuksen energiatodistus ja energiatehokkuusluvun määrittäminen*.  
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=82328&lan=fi> (hämtat: 03.04.2011)

Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/91/EG.  
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0071:SV:PDF> (hämtat: 03.04.2011)

Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU.  
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:SV:PDF> (hämtat: 03.04.2011)

Finlands byggbestämmelsesamling del D5 (2007). *Beräkning av byggnaders energiförbrukning och uppvärmningseffekt*.  
<http://www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607FINAL-svenska.pdf>  
(hämtat: 03.04.2011)

Finlands byggbestämmelsesamling del D3 (2010). *Byggnaders energiprestanda*.  
[http://www.finlex.fi/data/normit/34165-D3-2010\\_ruotsi\\_22-12-2008.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/34165-D3-2010_ruotsi_22-12-2008.pdf)  
(hämtat: 03.04.2011)

Harju, P. (2006). *Talotekniikan automaatio, mittaus ja säätö*. Penan Tieto-Opus Oy.

Laatikainen, T. (2011). *Kunnat törsäävät energiaa*.  
<http://www.talouselama.fi/uutiset/article560938.ece> (hämtat: 03.04.2011)

Lag om energicertifikat för byggnader (487/2007).  
<http://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2007/20070487> (hämtat: 03.04.2011)

Lag om inspektion av energieffektiviteten hos kylanläggningarna i en byggnads luftkonditioneringssystem (489/2007).  
<http://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2007/20070489> (hämtat: 03.04.2011)

Miljöministeriet (2010). *Asuntonministeri Jan Vapaavuori. Rakennusautomaatiolla energiatehokkuuteen 2-seminaarissa*.  
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=360022&lan=fi> (hämtat: 03.04.2011)

Miljöministeriets förordning om energicertifikat för byggnader (765/2007).  
<http://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2007/20070765> (hämtat: 03.04.2011)

Miljöministeriet (2011 a). *Finlands klimatpolitik.*

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=377800&lan=fi&clan=sv>

(hämtat: 03.04.2011)

Miljöministeriet (2011 b). *Uudet rakentamisen energiamääräykset annettu.*

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=380479&lan=fi> (hämtat: 03.04.2011)

Miljöministeriet (2011 c). *Uusien rakennusten energiamääräykset 2012.*

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=126212&lan=fi> (hämtat: 03.04.2011)

Modbus Organization. *Modbus FAQ: About the Protocol.*

[www.modbus.org/faq.php](http://www.modbus.org/faq.php) (hämtat: 04.04.2011)

Motiva (2010 a). *Energiatodistus.*

[http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiot/energiatodistus/](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiatodistus/) (hämtat: 03.04.2011)

Motiva (2010 b). *Definitioner på lågenergihus.*

[http://www.motiva.fi/sv/byggande/hurdant\\_ar\\_ett\\_energieffektivt\\_smahus/definitioner\\_pa\\_lagenergihus/](http://www.motiva.fi/sv/byggande/hurdant_ar_ett_energieffektivt_smahus/definitioner_pa_lagenergihus/) (hämtat: 03.04.2011)

Motiva (2010 c). *Kulutusseuranta.*

[http://motiva.fi/julkinen\\_sektori/energiankayton\\_tehostaminen/kiinteistojen\\_energiahallinta/kulutusseuranta](http://motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energiahallinta/kulutusseuranta) (hämtat: 04.04.2011)

Motiva (2010 d). *Rakennusten lämmitysenergiankulutuksen normitus.*

[http://www.motiva.fi/files/2840/Rakennusten\\_lammitysenergiankulutuksen\\_normitus.pdf](http://www.motiva.fi/files/2840/Rakennusten_lammitysenergiankulutuksen_normitus.pdf) (hämtat: 04.04.2011)

Motiva (2011 a). *Energian kokonaiskulutus.*

[http://www.motiva.fi/taustatietoa/energiankaytto\\_suomessa/energian\\_kokonaiskulutus](http://www.motiva.fi/taustatietoa/energiankaytto_suomessa/energian_kokonaiskulutus) (hämtat: 03.04.2011)

Motiva (2011 b). *Energian loppukäyttö.*

[http://www.motiva.fi/taustatietoa/energiankaytto\\_suomessa/energian\\_loppukaytto](http://www.motiva.fi/taustatietoa/energiankaytto_suomessa/energian_loppukaytto) (hämtat: 03.04.2011)

Motiva (2001). *Kulutusseurantaohjelmistot ja –palvelut.*

<http://www.motiva.fi/files/454/kulutusseuranta.pdf> (hämtat: 04.04.2011)

Määttä, M. (2010). *Uudisrakennusten energiamääräykset uusiksi.* Ympäristö-lehti.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=369803&lan=FI> (hämtat: 03.04.2011)

Paiho, S. Leskinen, M. & Mustakallio, P. (2000). *Automaatiojärjestelmän hyödyntäminen rakennusten energiatietoisien käytön apuvälineenä.*

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2072.pdf> (hämtat: 04.04.2011)

Reinikainen, E. (2008). *Rakennuksen energiatodistus ja energiaselvitys.*

<http://arkkitehtuuri.tkk.fi/oppituolit/ro/Energiatodistus%20ja%20-selvitys.pdf>

(hämtat: 03.04.2011)

Savolainen, T.(2008). *Asuntojen energiankäytölle tulee toinenkin kiristyskierros.*

<http://www.tekniikkatalous.fi/rakennus/article77408.ece> (hämtat: 03.04.2011)

Sjöblom, A. (2011). *På Axellbygget har man koll på det egna avfallet.*

[http://www.vastranyland.fi/edoris?tem=lsearchart&search\\_iddoc=2408991](http://www.vastranyland.fi/edoris?tem=lsearchart&search_iddoc=2408991)

(hämtat: 03.04.2011)

Skanska (a). *Lintulahden toimistotalo sai LEED platinatason sertifiikaatin.*

[http://www.skanska.fi/fi/Tuotteet-ja-palvelut/Toimitilat/Ymparistotehokkaat-](http://www.skanska.fi/fi/Tuotteet-ja-palvelut/Toimitilat/Ymparistotehokkaat-toimitilat/Lintulahden-toimistotalo-sai-LEED-esisertifikaatin/)

[toimitilat/Lintulahden-toimistotalo-sai-LEED-esisertifikaatin/](http://www.skanska.fi/fi/Tuotteet-ja-palvelut/Toimitilat/Ymparistotehokkaat-toimitilat/Lintulahden-toimistotalo-sai-LEED-esisertifikaatin/) (hämtat: 03.04.2011)

Skanska (b) . *Mitä hyötyä on LEEDistä ja ympäristötehokkaasta rakentamisesta.*

[http://tmp.www.skanska.fi/fi/Tuotteet-ja-palvelut/Toimitilat/Ymparistotehokkaat-](http://tmp.www.skanska.fi/fi/Tuotteet-ja-palvelut/Toimitilat/Ymparistotehokkaat-toimitilat/Mita-hyotya-LEEDista-ja-ymparistotehokkaasta-rakentamisesta-on/)

[toimitilat/Mita-hyotya-LEEDista-ja-ymparistotehokkaasta-rakentamisesta-on/](http://tmp.www.skanska.fi/fi/Tuotteet-ja-palvelut/Toimitilat/Ymparistotehokkaat-toimitilat/Mita-hyotya-LEEDista-ja-ymparistotehokkaasta-rakentamisesta-on/)

(hämtat: 04.04.2011)

Talokeskus. *Kulutusseurantapalvelu.*

<http://www.talokeskus.fi/kiinteistonyllapito/energianhallintapalvelut/kulutusseurantapalvelu/>

(hämtat: 03.04.2011)

Taloyhtiö. *Energian käyttö.*

<http://www.taloyhtio.net/hoku/energia/>(hämtat: 03.04.2011)

USGBC (2008). *LEED 2009 for new construction and major renovations.*

<http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=5546> (hämtat: 03.04.2011)

USGBC (2009). *Intro - What LEED Measures.*

<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1989> (hämtat: 04.04.2011)

Värjä, P. & Mikkola, J.M. (2009). *Uusi kiinteistöautomaatio.* Cadnet Oy.

## Bilaga 1



## LEED 2009 for New Construction and Major Renovations

## Project Checklist

0	0	0	<b>Sustainable Sites</b>	Possible Points:	<b>26</b>
---	---	---	--------------------------	------------------	-----------

Y	?	N			
Y			Prereq 1	Construction Activity Pollution Prevention	
			Credit 1	Site Selection	1
			Credit 2	Development Density and Community Connectivity	5
			Credit 3	Brownfield Redevelopment	1
			Credit 4.1	Alternative Transportation—Public Transportation Access	6
			Credit 4.2	Alternative Transportation—Bicycle Storage and Changing Rooms	1
			Credit 4.3	Alternative Transportation—Low-Emitting and Fuel-Efficient Vehicles	3
			Credit 4.4	Alternative Transportation—Parking Capacity	2
			Credit 5.1	Site Development—Protect or Restore Habitat	1
			Credit 5.2	Site Development—Maximize Open Space	1
			Credit 6.1	Stormwater Design—Quantity Control	1
			Credit 6.2	Stormwater Design—Quality Control	1
			Credit 7.1	Heat Island Effect—Non-roof	1
			Credit 7.2	Heat Island Effect—Roof	1
			Credit 8	Light Pollution Reduction	1

0	0	0	<b>Water Efficiency</b>	Possible Points:	<b>10</b>
---	---	---	-------------------------	------------------	-----------

Y	?	N			
Y			Prereq 1	Water Use Reduction—20% Reduction	
			Credit 1	Water Efficient Landscaping	2 to 4
				Reduce by 50%	2
				No Potable Water Use or Irrigation	4
			Credit 2	Innovative Wastewater Technologies	2
			Credit 3	Water Use Reduction	2 to 4
				Reduce by 30%	2
				Reduce by 35%	3
				Reduce by 40%	4

## Bilaga 2

0	0	0	Energy and Atmosphere	Possible Points:	35
---	---	---	-----------------------	------------------	----

Y ? N

Y			Prereq 1
Y			Prereq 2
Y			Prereq 3
			Credit 1

Fundamental Commissioning of Building Energy Systems

Minimum Energy Performance

Fundamental Refrigerant Management

Optimize Energy Performance 1 to 19

	Improve by 12% for New Buildings or 8% for Existing Building Renovations	1
	Improve by 14% for New Buildings or 10% for Existing Building Renovations	2
	Improve by 16% for New Buildings or 12% for Existing Building Renovations	3
	Improve by 18% for New Buildings or 14% for Existing Building Renovations	4
	Improve by 20% for New Buildings or 16% for Existing Building Renovations	5
	Improve by 22% for New Buildings or 18% for Existing Building Renovations	6
	Improve by 24% for New Buildings or 20% for Existing Building Renovations	7
	Improve by 26% for New Buildings or 22% for Existing Building Renovations	8
	Improve by 28% for New Buildings or 24% for Existing Building Renovations	9
	Improve by 30% for New Buildings or 26% for Existing Building Renovations	10
	Improve by 32% for New Buildings or 28% for Existing Building Renovations	11
	Improve by 34% for New Buildings or 30% for Existing Building Renovations	12
	Improve by 36% for New Buildings or 32% for Existing Building Renovations	13
	Improve by 38% for New Buildings or 34% for Existing Building Renovations	14
	Improve by 40% for New Buildings or 36% for Existing Building Renovations	15
	Improve by 42% for New Buildings or 38% for Existing Building Renovations	16
	Improve by 44% for New Buildings or 40% for Existing Building Renovations	17
	Improve by 46% for New Buildings or 42% for Existing Building Renovations	18
	Improve by 48%+ for New Buildings or 44%+ for Existing Building Renovations	19

			Credit 2
--	--	--	----------

On-Site Renewable Energy 1 to 7

	1% Renewable Energy	1
	3% Renewable Energy	2
	5% Renewable Energy	3
	7% Renewable Energy	4
	9% Renewable Energy	5
	11% Renewable Energy	6
	13% Renewable Energy	7

			Credit 3
			Credit 4
			Credit 5
			Credit 6

Enhanced Commissioning 2

Enhanced Refrigerant Management 2

Measurement and Verification 3

Green Power 2



## Bilaga 3

0	0	0	<b>Materials and Resources</b>	Possible Points:	<b>14</b>
---	---	---	--------------------------------	------------------	-----------

Y	?	N			
Y			Prereq 1	Storage and Collection of Recyclables	1
			Credit 1.1	Building Reuse—Maintain Existing Walls, Floors, and Roof	to 3
				Reuse 55%	1
				Reuse 75%	2
				Reuse 95%	3
			Credit 1.2	Building Reuse—Maintain 50% of Interior Non-Structural Elements	1
			Credit 2	Construction Waste Management	to 2
				50% Recycled or Salvaged	1
				75% Recycled or Salvaged	2
			Credit 3	Materials Reuse	to 2
				Reuse 5%	1
				Reuse 10%	2
			Credit 4	Recycled Content	to 2
				10% of Content	1
				20% of Content	2
			Credit 5	Regional Materials	to 2
				10% of Materials	1
				20% of Materials	2
			Credit 6	Rapidly Renewable Materials	1
			Credit 7	Certified Wood	1

0	0	0	<b>Indoor Environmental Quality</b>	Possible Points:	<b>15</b>
---	---	---	-------------------------------------	------------------	-----------

Y	?	N			
Y			Prereq 1	Minimum Indoor Air Quality Performance	
Y			Prereq 2	Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control	
			Credit 1	Outdoor Air Delivery Monitoring	1
			Credit 2	Increased Ventilation	1
			Credit 3.1	Construction IAQ Management Plan—During Construction	1
			Credit 3.2	Construction IAQ Management Plan—Before Occupancy	1
			Credit 4.1	Low-Emitting Materials—Adhesives and Sealants	1
			Credit 4.2	Low-Emitting Materials—Paints and Coatings	1
			Credit 4.3	Low-Emitting Materials—Flooring Systems	1
			Credit 4.4	Low-Emitting Materials—Composite Wood and Agrifiber Products	1
			Credit 5	Indoor Chemical and Pollutant Source Control	1
			Credit 6.1	Controllability of Systems—Lighting	1
			Credit 6.2	Controllability of Systems—Thermal Comfort	1
			Credit 7.1	Thermal Comfort—Design	1
			Credit 7.2	Thermal Comfort—Verification	1
			Credit 8.1	Daylight and Views—Daylight	1
			Credit 8.2	Daylight and Views—Views	1

**Bilaga 4**

0	0	0	<b>Innovation and Design Process</b>	Possible Points:	<b>6</b>
---	---	---	--------------------------------------	------------------	----------

Y	?	N			
			Credit 1.1	Innovation in Design: Specific Title	1
			Credit 1.2	Innovation in Design: Specific Title	1
			Credit 1.3	Innovation in Design: Specific Title	1
			Credit 1.4	Innovation in Design: Specific Title	1
			Credit 1.5	Innovation in Design: Specific Title	1
			Credit 2	LEED Accredited Professional	1

0	0	0	<b>Regional Priority Credits</b>	Possible Points:	<b>4</b>
---	---	---	----------------------------------	------------------	----------

Y	?	N			
			Credit 1.1	Regional Priority: Specific Credit	1
			Credit 1.2	Regional Priority: Specific Credit	1
			Credit 1.3	Regional Priority: Specific Credit	1
			Credit 1.4	Regional Priority: Specific Credit	1

0	0	0	<b>Total</b>	Possible Points:	<b>110</b>
---	---	---	--------------	------------------	------------

Certified 40 to 49 points   Silver 50 to 59 points   Gold 60 to 79 points   Platinum 80 to 110

## Bilaga 5

## Interval Data (kWh)

Day of Month	Month				
	tammikuu/2011	helmikuu/2011	maaliskuu/2011	joulukuu/2010	Total
1	4,00	3,00	0,00	6,00	13,00
2	5,00	3,00	0,00	6,00	14,00
3	5,00	4,00	0,00	6,00	15,00
4	3,00	1,00	2,00	0,00	6,00
5	4,00	0,00	3,00	0,00	7,00
6	0,00	0,00	2,00	0,00	2,00
7	3,00	0,00	3,00	0,00	6,00
8	1,00	0,00	3,00	4,00	8,00
9	0,00	2,00	0,00	6,00	8,00
10		4,00	1,00	4,00	9,00
11		4,00	0,00	0,00	4,00
12	10,00	4,00	0,00	0,00	14,00
13	8,00	4,00	0,00	6,00	18,00
14	1,00	11,00	0,00	14,00	26,00
15	0,00	15,00	2,00	9,00	26,00
16	0,00	9,00	0,00	12,00	21,00
17	10,00	3,00	0,00	7,00	20,00
18	11,00	3,00	0,00	0,00	14,00
19	10,00	4,00	0,00	1,00	15,00
20	0,00	4,00	0,00	2,00	6,00
21	1,00	11,00	1,00	8,00	21,00
22	0,00	4,00	0,00	1,00	5,00
23	0,00	5,00	0,00	8,00	13,00
24	3,00	1,00	0,00	14,00	18,00
25	3,00	4,00	2,00	13,00	22,00
26	4,00	8,00	5,00	14,00	31,00
27	7,00	8,00	4,00	13,00	32,00
28	6,00	7,00	2,00	10,00	25,00
29	4,00			12,00	16,00
30	6,00			9,00	15,00
31	6,00			4,00	10,00
Total	115,00	126,00	30,00	189,00	460,00